

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-021314

(43)Date of publication of application : 29.01.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G01B 11/00
G03F 9/00

(21)Application number : 03-169781

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 10.07.1991

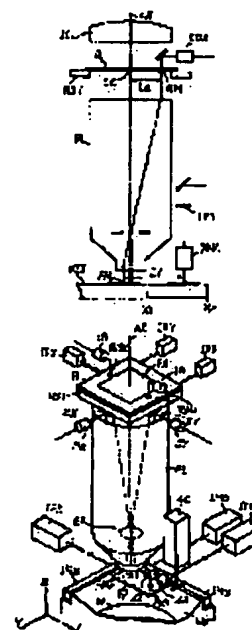
(72)Inventor : NISHI TAKECHIKA

(54) PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve base line measurement accuracy and to improve treatment velocity by presetting measurement values of two sets of interferometers equal when measuring a position of a reticle using a reference board when a base line is measured.

CONSTITUTION: A reference board FP having a reference mark FM2 which registers with a mark RM on a reticle R and a reference mark FM1 which registers with a detection center point of an off axis alignment system OWA is provided on a wafer stage WST. When a base line is measured, position deviation amount of the reticle R and the reference board FP is obtained keeping the wafer stage WST stationary, and a position deviation amount of a detection central point of the off alignment system OWA and the reference board FP is also obtained. Furthermore, inside counters are mutually preset to make measurement values of interferometers (IFX,IFY1) used during off axis alignment and interferometers (IFX, IFY2) used during exposure equal at a position of the wafer stage WST when a base line is measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3200874

[Date of registration] 22.06.2001

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The mask stage holding a mask, and the projection system which projects the pattern of this mask, The substrate stage which holds a sensitization substrate and carries out two-dimensional migration into the image formation side of this projection system, In order to measure the alignment system which has the detection central point in the location which separated only fixed spacing from the optical axis of said projection system, and detects the mark on said sensitization substrate, and the coordinate location of said substrate stage One pair of 1st interferometers equipped with two measurement shafts which intersect perpendicularly in the detection central point of said alignment system, It has one pair of 2nd interferometers equipped with two measurement shafts which intersect perpendicularly in the optical-axis location of said projection system. After measuring the relative-position relation between the coordinate of the specifying point on said mask which may be projected by said projection system, and the coordinate of the detection central point of said alignment system and calculating the amount of base lines, In the equipment which carries out alignment of said sensitization substrate by said alignment system, is made to move on said substrate stage based on this alignment result and said amount of base lines, and positions said sensitization substrate in the exposure location by said projection system The 1st reference mark which may be detected by said alignment system while being fixed on said substrate stage, It is based on arrangement with the 1st reference mark on the orientation plate with which the specifying point of said mask and the 2nd reference mark which may be set as the most important physical relationship were formed when this 1st reference mark was positioned in said detection central point, and; this orientation plate, and the 2nd reference mark. The projection aligner characterized by having a setting means to set up in the halt location of said substrate stage positioned in case said amount of base lines is measured so that the measured value of said 1st interferometer and the measured value of said 2nd interferometer may become equal to one of measured value.

[Claim 2] In order to detect the projection system which carries out image formation projection of the pattern of a mask to a sensitization substrate, the substrate stage which holds said sensitization substrate and carries out two-dimensional migration, and the mark on said sensitization substrate The 1st mark detection means which had the detection central point set as the predetermined location of the outside of the projection visual field field of said projection system, In order to measure the 2nd mark detection means for detecting the pattern on the body located in the predetermined location inside said projection visual field field in the mark on said mask, or the projection image side of said projection system, and the coordinate location of said substrate stage In the projection aligner equipped with 1 set of 1st interferometers equipped with two measurement shafts which intersect perpendicularly in the detection central point of said 1st mark detection means, and 1 set of 2nd interferometers equipped with two measurement shafts which intersect perpendicularly in the optical-axis location of said projection system For the orientation plate with which it was prepared on said substrate stage, and the 1st reference mark and the 2nd reference mark were formed in the location corresponding to the arrangement relation on a design with the projecting point of the mark of said mask by said projection system, and the detection central point of said 1st mark detection means, and; base-line measurement Said 1st reference mark is located near the detection central point of said 1st mark detection means. And when the control means and; this positioning which position said substrate stage so that said 2nd reference mark may be located near the projecting point of the mark of said mask are performed, So that the current position of the stage measured by said 1st interferometer and the current position of the stage measured by said 2nd

interferometer may be authorized as the same location The projection aligner characterized by establishing an amendment means to amend the coordinate measured value at least by one side of said 1st interferometer and 2nd interferometer.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the projection aligner equipped with the function to manage the base line of the alignment system of an off-axis method with high precision especially, about the projection aligner which exposes the sensitization layer applied to substrates, such as a semiconductor wafer and a glass plate for liquid crystal.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in the projection aligner (it is hereafter called a stepper for convenience) equipped with the off-axis alignment system, the mark plate used as criteria was fixed on the wafer stage which holds a sensitization substrate (it considers as a wafer hereafter), and carries out two-dimensional migration by the step-and-repeat method, and the distance between an off-axis alignment system and projection optics and the so-called amount of base lines were managed using this reference mark plate as indicated by JP,53-56975,A, JP,56-134737,A, etc. Drawing 1 is drawing which expressed typically the principle of the base-line measurement indicated by each above-mentioned official report. In drawing 1, the main condenser lens ICL illuminates Reticle (mask) R to homogeneity at the time of exposure. Reticle R is held in a reticle stage RST, and this reticle stage RST is moved so that the core CC of Reticle R may be made to agree with the optical axis AX of the projection lens PL. On the other hand on the wafer stage WST, reference mark FM equivalent to the alignment mark formed in the wafer front face is attached, and if Stage WST is positioned so that this reference mark FM may come to the predetermined location within the projection visual field of the projection lens PL, Mark RM and reference mark FM of Reticle R will be detected by the alignment system DDA of the TTL (SURUZA lens) method formed above Reticle R at coincidence. The distance La with the core CC of Mark RM and Reticle R is the value which became settled beforehand on the design, and the distance of the projecting point of Mark RM and the projecting point of Core CC by the side of the image surface of the projection lens PL (wafer side) serves as La/M. M is the scale factor of the projection lens PL when seeing a reticle side from a wafer side here, and, in the case of 1 / 5 contraction projection lens, it is M= 5.

[0003] Moreover, the wafer alignment system OWA of an off-axis method is fixed to the outside (outside of a projection visual field) of the projection lens PL. The optical axis of the wafer alignment system OWA is parallel to the optical axis AX of the projection lens PL in a projection image side side. And the target mark TM which serves as criteria at the time of carrying out alignment of the mark or reference mark FM on a wafer inside the wafer alignment system OWA is formed in a glass plate, and is mostly arranged conjugate with a projection image side (a wafer front face or field of reference mark FM).

[0004] Now, the amount BL of base lines is the location X1 of the stage WST as shown in drawing 1, when alignment of the reticle mark RM and the reference mark FM is carried out. Location X2 of the stage WST when alignment of the index mark TM and the reference mark FM is carried out It measures with a laser interferometer etc. and asks by calculating the difference (X1-X2). This amount BL of base lines turns into a basis when carrying out alignment of the mark on a wafer by the wafer alignment system OWA later, and sending in directly under the projection lens PL. That is, it is the location of the wafer stage WST when XP and a wafer mark agree spacing of the core of the (the exposed field) of one shot on a wafer, and the mark on a wafer with the index mark TM X3 What is necessary is just to move the wafer stage WST to the location of a degree type, in order to make a shot core and the reticle core

CC agree, when it carries out.

[0005]

X3 -BL-XP or X3-BL+XP -- in addition, this formula only expresses only the direction of a single dimension theoretically, and needs to consider it by two-dimensional in fact, and the count approach changes further with arrangement of the TTL alignment system DDA (namely, the mark RM), arrangement of the wafer alignment system OWA, etc.

[0006] make it any -- immediately after detecting the mark location on a wafer using the wafer alignment system OWA of an off-axis method, only by sending in the wafer stage WST, only a constant rate can lay the pattern of Reticle R correctly on top of the shot field on a wafer, and can expose it to it.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the Prior art like the above, in case the physical relationship (the amount BL of base lines) of the detection central point (core of the index mark TM) of the alignment system OWA of an off-axis method and a projecting point with the projection lens PL of the mark RM of Reticle R is measured, the relative distance moves the wafer stage WST, and is found with the laser interferometer. For this reason, in improvement in precision of base-line measurement, the limitation was naturally generated according to the factor which is not avoided inevitably [the air fluctuation of the run precision of the wafer stage WST, and the laser beam optical path of a laser interferometer etc.]. Moreover, the wafer stage WST for positioning reference mark FM to the detection central point of the off-axis alignment system OWA needs migration of the wafer stage WST for positioning reference mark FM in the detection field of the TTL alignment system DDA, and to be moved, and there was a limitation also in raising the rate of base-line measurement processing naturally.

[0008] in the further conventional stepper, the production of the length measurement shaft (beam optical axis) of the laser interferometer for location measurement of the wafer stage WST is set up so that the direction of X and the direction of Y may also be intersected with the optical axis of a projection lens -- **** -- when not passing but detecting various marks by the off-axis alignment system OWA, it may be said that it is difficult to always realize the direction of mark detection where an Abbe error (sign error) becomes zero Therefore, preparing the group of a laser interferometer with which an Abbe error serves as zero to the optical axis of a projection lens, and the group of a laser interferometer with which an Abbe error serves as zero to the detection central point of the off-axis alignment system OWA is also considered. In this case, although it will use by the stage location measurement at the time of the wafer alignment using the off-axis alignment system OWA, and the stage location measurement at the time of projection exposure, changing, 2 sets of laser interferometers will cause an error with a natural thing, if the adjustment (unity) of the value in those both location measurement is not taken into consideration.

[0009] This invention was made in view of such a conventional trouble, and aims at obtaining the projection aligner which aimed at improvement in base-line measurement precision, and improvement in processing speed.

[0010]

[Means for Solving the Problem] Reference mark FM2 adjusted with the mark RM on Reticle R on the wafer stage WST in this invention The detection central point of the off-axis alignment system OWA, and reference mark FM1 to adjust The orientation plate FP formed together is formed. And at the time of base-line measurement, the amount of location gaps of Reticle R and an orientation plate FP is calculated in the condition of having made the wafer stage WST standing it still, and coincidence was asked for the amount of location gaps of the detection central point of the off-axis alignment system OWA, and an orientation plate FP.

[0011] Furthermore, one pair of interferometers (IFX and IFY1) which fill an Abbe error to the off-axis alignment system OWA, and one pair of interferometers (IFX and IFY2) which fill an Abbe error to projection optics were formed, and it constituted from a location of the wafer stage WST at the time of the above-mentioned base-line measurement so that the measured value by the 2 above-mentioned sets of interferometers might become equal, and an internal counter could be preset mutually.

[0012]

[Function] If it presets so that the measured value of 2 sets of interferometers may become equal in case the location of Reticle R is measured using an orientation plate FP at the time of base-line measurement, the imagination line which connects the same direction, for example, the origin/datum of two interferometers for the direction measurement of Y, will become parallel to the reflector and precision of the migration mirror (IMy) for the directions of Y on a wafer stage.

[0013] Therefore, if it is after presetting, even if it chooses either of 2 sets of interferometers and uses

for the position control of a wafer stage as it is, an error will not arise at all.

[0014]

[Example] Drawing 2 is the perspective view showing the configuration of the projection aligner by the example of this invention, and has attached the same sign to the same member as the conventional equipment of drawing 1. Reticle marks [RM / RM and / 2] 1 for pattern space PA and alignment by which the circuit pattern which should be exposed on a wafer was formed on Reticle R in drawing 2. It is prepared. These reticle marks [RM / RM and / 2] 1 It is detected in photoelectricity through the objective lenses 1A and 1B of a TTL alignment system, respectively. Moreover, the reticle stage RST is movable to two-dimensional (X, Y, the direction of theta) by drive systems, such as a motor which is not illustrated in the inside of drawing 2, and sequential measurement of the movement magnitude or the migration location is carried out by three laser interferometers IRX and IRY and IRtheta. The rotation of the circumference of the Z-axis (axis of coordinates parallel to an optical axis AX) of a reticle stage RST is calculated with the difference of the measurement value of Interferometer IRY and IRtheta, the amount of parallel displacements of Y shaft orientations is calculated by the addition average of the measurement value of an interference system IRY and IRtheta, and the amount of parallel displacements of X shaft orientations is calculated with Interferometer IRX.

[0015] In this example, by the object for the directions of X, and the object for the directions of Y, the 2nd TTL alignment system which detects the mark on Wafer W through the projection lens PL dissociates, and is prepared. The 2nd TTL alignment system for the directions of X consists of a reticle stage RST, mirror 2X fixed between the projection lenses PL, objective lens 3X, etc., and the 2nd TTL alignment system for the directions of Y consists of mirror 2Y, objective lens 3Y, etc. which have been arranged similarly.

[0016] In this example, the 1st TTL alignment system containing objective lenses 1A and 1B is henceforth made for a TTR (SURUZA reticle) alignment system and the 2nd TTL alignment system containing a call and objective lenses 3X and 3Y to only call it a TTL alignment system. Now, the migration mirror IMx which reflects the beam from a laser interferometer IFX on two sides of the wafer stage WST in which Wafer W is laid, and a laser interferometer IFY1 and IFY2. The migration mirror IMy which reflects the beam from each is being fixed. The beam from Interferometer IFX is perpendicular to the reflector of the migration mirror IMx extended in the direction of Y, and the production of the optical axis AX of the projection lens PL and the production of the beam cross at right angles. Interferometer IFY2 from -- the beam is perpendicular to the reflector of the migration mirror IMy extended in the direction of X, and the production of an optical axis AX and the production of the beam also cross at right angles. another interferometer IFY1 from -- a beam -- the reflector of the migration mirror IMy -- perpendicular -- interferometer IFY2 They are a beam and parallel.

[0017] Moreover, the wafer alignment system of an off-axis method consists of reflecting prism (or mirror) 4A, objective lens 4B, etc. which were fixed to the latest of the lower limit section of the projection lens PL. Light-receiving system 4C of a wafer alignment system picturizes the mark on the wafer by which image formation was carried out to the target mark plate through prism 4A and objective lens 4B including the conjugation target mark TM inside etc. with a CCD camera. In this example, the optical axis of objective lens 4B which falls on the wafer stage WST through prism 4A, and the optical axis AX of the projection lens PL leave only fixed spacing only in the direction of X, and it is set up so that there may almost be no location difference about the direction of Y.

[0018] The production of the optical axis which furthermore falls to the wafer stage WST of objective lens 4B is the production and interferometer IFY1 of a beam of Interferometer IFX. It intersects perpendicularly with each of the production of a beam. Arrangement of such an interferometer is indicated by JP,1-309324,A in detail. On the wafer stage WST, the orientation plate FP which attached two reference marks FM1 and FM2 for base-line measurement is fixed. An orientation plate FP is arranged at the corner surrounded in two migration mirrors IMx and IMy on the wafer stage WST, forms protection-from-light layers, such as chromium, in the front face of transparent materials of a low expansion coefficient, such as a quartz plate, and etches the part into the configuration of reference marks FM1 and FM2. Reference mark FM1 can be detected by the wafer alignment system (4A, 4B, 4C) of an off-axis method, and can detect reference mark FM2 by the TTR alignment system (1A, 1B) or the TTL alignment system (2X, 3X;2Y, 3Y).

[0019] Although correctly made from a submicron precision, when there is a residual arrangement error amount, spacing of the direction of X of these reference marks FM1 and FM2 shall measure the value to a precision beforehand, and shall be called for as an equipment constant. Drawing 3 is the top view

showing arrangement of each part material on the wafer stage WST, on the wafer stage WST, Wafer W is laid in the minute pivotable wafer holder WH, and vacuum adsorption is carried out. In this example, after PURIARAIMENTO mechanically so that the notching OF of the shape of a straight line of Wafer W may become the X-axis and parallel, it is laid on the wafer holder WH.

[0020] As shown in drawing 3, the core (optical axis AX) of the diameter of the lens-barrel lower limit section of the projection lens PL and the visual field of objective lens 4B are arranged so that it may approach as much as possible. Thus, when the projection lens PL and the orientation plate FP have been arranged, since Wafer W is moving to the diagonal below most among drawing from the location [directly under] of the projection lens PL, loading of Wafer W and unloading are possible for it in this condition. This arrangement is indicated by JP,63-224326,A.

[0021] Drawing 4 is the top view showing detailed mark arrangement of the reference marks FM1 and FM2 on an orientation plate FP. It sets to drawing 4 and is the straight line LY2 parallel to a straight line LX and a Y-axis parallel to the X-axis. An intersection is reference mark FM2. It is a core and the intersection is mostly in agreement with the optical axis AX of the projection lens PL at the time of base-line measurement. In this example, the cross-joint-like slit mark IFS of a luminescence mold is arranged on the intersection, and only the partial field ISa where the illumination light of the same wavelength as exposure light includes the luminescence slit mark IFS from the background of an orientation plate FP is illuminated. Moreover, in two symmetrical places which sandwich the luminescence slit mark IFS on a straight line LX, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. Reference mark FM2A corresponding to each arrangement and FM2B are prepared. This mark FM2A and FM2B are what etched the chromium layer on an orientation plate FP to the cross-joint-like slit, and mark FM2A is the reticle mark RM 1. Alignment is carried out and mark FM2B is the reticle mark RM 2. Alignment is carried out.

[0022] The circular field PIF which makes a zero the core (intersection) of the luminescence slit mark IFS is a projection visual field field of the projection lens PL. The TTL alignment system for the directions of X which was shown in drawing 2 in the case of this example (2 X) The mark LIMx detectable [with 3X] is the straight line LY2 in the visual field field PIF. It is arranged upwards and two marks LIMy and LSMy detectable [with the TTL alignment system for the directions of Y (2Y, 3Y)] are arranged on the straight line LX of the visual field field PIF. Although the detailed arrangement relation of each mark is described further later At this example, two TTL alignment systems 1A and 1B are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1, respectively. Reference mark FM2A and FM2B in the condition of having detected to coincidence The TTL alignment system for the directions of X (2X, 3X) detected Mark LIMx, and each mark FM2A, FM2B, LIMx, and LIMy have been arranged so that the TTL alignment system for the directions of Y (2Y, 3Y) may be made.

[0023] on the other hand -- straight line LY2 from -- straight line LY1 by which only fixed distance was left and set up in the direction of X a Y-axis -- parallel -- this straight line LY1 On the intersection of a straight line LX, reference mark FM1 of the magnitude which may be included in the visual field MIF of objective lens 4B of an off-axis alignment system is formed. Marks FM 1 are each of the direction of X, and the direction of Y, and the aggregate of two or more Rhine patterns prepared in parallel so that two-dimensional alignment may be possible. in addition, clear from the above explanation -- as -- an orientation plate FP -- straight line LY1 the inside of a X-Y flat surface -- the center line (length measurement shaft) of the beam of an interferometer IFY1 -- as much as possible -- in agreement -- straight line LY2 Interferometer IFY2 It is fixed on the wafer stage WST so that it may be in agreement with the center line (length measurement shaft) of a beam as much as possible (that is, a rotation gap is not caused as much as possible -- as).

[0024] Furthermore, straight lines LX and LY1 Two reference mark FM2C and FM2D are prepared in the symmetrical location on a straight line LX across the intersection. Reference mark FM2C and FM2D are the cross-joint-like slit patterns of reference mark FM2A, the completely same configuration as FM2B, and magnitude, and spacing of the direction of X of them is also completely the same as spacing of mark FM2A and FM2B. In addition, the mark LSMx in drawing 4 is detected by the TTL alignment system for the directions of X (2X, 3X), and is prepared in the same location as the X coordinate value of reference mark FM2B.

[0025] Drawing 5 is what expanded only each mark arrangement by the side of reference mark FM2 on an orientation plate FP, and shows the condition of having made the core of the projection visual field field PIF of the projection lens PL agreeing at the intersection of the luminescence slit mark IFS. The physical relationship of the appearance of Reticle R and the appearance of pattern space PA which were

further positioned ideally in the condition is expressed with the two-dot chain line to drawing 5 . Although the marks LIMx and LIMy for TTL alignment systems are located in the outermost periphery of the projection visual field PIF, this is because it has arranged so that the mirrors 2X and 2Y at the tip of a TTL alignment system may not shade the projection field of pattern space PA. In this condition, reference mark FM2A is the reticle mark RM 1. Although it may have consistency The reticle mark RM 1 (the same is said of RM2) Double slit mark RM1 x prolonged in double slit mark RM1 y prolonged in the direction of X, and the direction of Y as shown in drawing 6 It is constituted and is these mark RM1 y and RM1 x. It is made as an umbra by the area pellucida surrounded by the rectangular protection-from-light object SB. The slit to which the slit prolonged in the direction of X among the cross-joint-like slits of reference mark FM2A was inserted in double slit mark RM1 y, and extended in the direction of Y is double slit mark RM1 x. It means that ideal alignment was attained by being inserted.

[0026] Here, it is the spacing K1 of the direction of X of the core of reference mark FM2A, and the core of Mark LIMy. Spacing K2 of the direction of X of the core of the luminescence slit mark IFS, and the core of Mark LSMy The luminescence slit mark IFS shown in drawing 6 is the reticle mark RM 1. It is set up so that only amount of offset ΔX_k (wafer side reduced property) of the direction of X when carrying out the direction scan of Y may have a difference. That is, it is set as $K1 = K2 + \Delta X_k$ or $K1 = K2 - \Delta X_k$.

[0027] The center position of the direction of X of the mark LSMx detectable by the TTL alignment system further for the directions of X is in agreement with the center position of the direction of X of reference mark FM2B. This is the spacing K3 of the direction of X of each central point, two 2Bs, reference mark FM2A and FM2B, and the core of the luminescence slit mark IFS. They are the conditions both realized when equal. Moreover, the location of the direction of Y of Mark LSMx is spacing of K4 and the direction of Y of the core of the luminescence mark IFS, and the core of Mark LSMx strictly about spacing of the direction of Y of the core of the luminescence mark IFS, and the core of Mark LIMx, although it is almost equal to the location of the direction of Y of Mark LIMx K5 When it carries out, it is set as the relation of $K4 = K5 + \Delta Y_k$ or $K4 = K5 - \Delta Y_k$. (In addition, K4 and K5 omit illustration) . As ΔY_k is shown in drawing 6 here, the luminescence slit mark IFS is the reticle mark RM 1. Double slit mark RM1 x It is the amount of offset of the direction of Y when scanning in the direction of X.

[0028] Next, with reference to drawing 7 , the detailed configuration of a TTR alignment system (1A) is explained. Reticle mark RM 1 Up, a total reflection mirror 100 is installed at 45 degrees, and makes perpendicular the optical axis of the objective lens 101 arranged horizontally to Reticle R. For vertical illumination, this TTR alignment system changes cutoff of a beam splitter 102, the light source 103 which generates the light of exposure wavelength, and the illumination light, and passage. It has the self-illumination system which consisted of a condenser lens 106 for condensing the illumination light from the injection edge of the ***** optical fiber 105 and an optical fiber 105 for a shutter 104 and the illumination light, and carrying out homogeneity lighting of the illuminated viewing field diaphragm 107, and a lens system 109 which carries out light transmission of the illumination light from a field diaphragm 107 to an objective lens 101 on Koehler illumination conditions. In this way, an objective lens 101 is the mark RM 1 of Reticle R. Only the inside of the formed protection-from-light band SB is illuminated. this -- mark RM 1 from -- it is reflected by the beam splitter 102 through a mirror 100 and an objective lens 101, and the reflected light carries out incidence to the image formation lens 110. Mark RM 1 The image flux of light is divided into two by the half mirror 111, and expansion image formation is carried out with the image formation lens 110 on each image pick-up side of CCD camera 112Y CCD camera 112X for the direction detection of X, and for the direction detection of Y. CCD cameras 112X and 112Y are arranged so that the direction of the horizontal scanning line to the expansion image of a mark RM 1 may intersect perpendicularly mutually.

[0029] Under the present circumstances, mark RM 1 If reference mark FM2A on an orientation plate FP is located directly under the inside field of the included protection-from-light band SB, CCD 112X and 112Y will picturize the slit of the shape of a cross joint of reference mark FM2A as linea nigra. They are the slit which image-processing circuit 113X carried out digital wave processing of the picture signal from CCD camera 112X, and was prolonged in the direction of Y of reference mark FM2A, and the reticle mark RM 1. Double slit mark RM1 x The amount of location gaps of the direction of X (the direction of a horizontal scanning line) is calculated. They are the slit which image-processing circuit 113Y carried out digital wave processing of the picture signal from CCD camera 112Y, and was prolonged in the direction of X of reference mark FM2A, and the reticle mark RM 1. Double slit mark

RM1 y The amount of location gaps of the direction (the direction of a horizontal scanning line) of Y is calculated. It is reference mark FM2A and the reticle mark RM 1 which were asked for the main control system 114 in the processing circuits 113X and 113Y. When the amount of location gaps of X and the direction of Y is outside the tolerance set up beforehand, the drive system 115 of a reticle stage RST is controlled, and the location of Reticle R is amended.

[0030] The drive system 115 is calculating the measurement value which has detected the location before amendment of a reticle stage RST (X, Y, theta), and three interferometers IRX and IRY and IRtheta should detect after amendment by three interferometers IRX and IRY shown in drawing 2, and IRtheta by the operation. Therefore, a drive system 115 positions a reticle stage RST by location servo control so that each measurement value of three interferometers IRX and IRY and IRtheta may turn into a measurement value which should be detected after amendment. Moreover, the main control system 114 is interferometers IFX and IFY1 or IFY2 about migration of the wafer stage WST. The drive system 116 which carries out location servo control based on a measurement value is also controlled.

[0031] Now, the luminescence mark light-receiving system which detects the illumination light from the luminescence mark IFS on an orientation plate FP through the area pellucida, the mirror 100, the objective lens 101, the beam splitter 102, the internal lens system 109, and internal beam splitter 108 of the projection lens PL and the protection-from-light band SB of Reticle R is prepared in TTL alignment system 1A shown in drawing 7. This luminescence mark light-receiving system consists of a lens system 120 and photoelectrical sensor (photomultiplier) 121 grade, and the light-receiving side of the photoelectrical sensor 121 is arranged the pupil EP of the projection lens PL and the pupil surface between an objective lens 101 and a lens system 109, and conjugate. The photoelectrical sensor 121 carries out photoelectrical detection of the amount of transmitted lights which changes when the luminescence mark IFS scans the reticle mark RM 1 (or RM2), and outputs the photoelectrical signal SSD according to the change. processing of this photoelectrical signal SSD -- the scan of the wafer stage WST -- following -- interferometers IFX and IFY2 from -- the up-and-down pulse (it is one pulse for every movement magnitude of 0.02 micrometers) outputted is answered, the digital sampling of the signal wave form is carried out, and it is carried out by memorizing in memory.

[0032] Next, with reference to drawing 8, an example of the configuration of the TTL alignment system in drawing 2 (2Y, 3Y) is explained. The TTL alignment system used by this example used the red light from the helium-Ne laser light source 130 as mark illumination light, and has prevented the effect of [at the time of the mark reflected light detection by the resist layer of Wafer W], and sensitization of a resist layer. Furthermore, two alignment sensors by which mark detection principles differ are built into this TTL alignment system, objective lens 3Y is share-ized and two alignment sensors are used alternatively. Since it is indicated by JP,2-272305,A or JP,2-283011,A at the detail, such a configuration is explained briefly here.

[0033] The helium-Ne laser beam from a laser light source 130 is divided by the beam splitter 131, and results in the shutters 132A and 132B opened and closed complementary. In drawing 8, shutter 132A opens, it is in the condition that shutter 132B closed, and incidence of the laser beam is carried out to light transmission system 133A of 2 flux-of-light interference alignment (LIA) method. This light transmission system 133A divides into two laser beams the beam which carried out incidence, and gives and outputs a fixed delta frequency to two laser beams using an acoustooptics modulation element. In the case of drawing 8, two laser beams outputted from light transmission A133A are located in a line in parallel with a direction perpendicular to the space of this drawing. It is reflected by the half mirror 134 and these two laser beams are further divided into two by the beam splitter 135. Two laser beams reflected by the beam splitter 135 cross on drawing APA of a wafer conjugation side by objective lens 3Y. It reflects by mirror 2Y, and incidence of the two parallel laser beams which passed along drawing APA is carried out to the projection lens PL, and they cross again on Wafer W or an orientation plate FP. A 1-dimensional interference fringe is made in the field where these two laser beams cross, and that interference fringe flows in the pitch direction of an interference fringe at the rate according to the frequency difference of two beams.

[0034] Then, if the marks LIMy and LIMx shown in drawing 4 and drawing 5 are used as a diffraction grating parallel to an interference fringe, from the marks LIMx and LIMy of the shape of the diffraction grating, the interference beat light which carries out on-the-strength change with the beat frequency according to a frequency difference will occur. If the pitch of the diffraction grating of Marks LIMx and LIMy and the pitch of an interference fringe are made a certain fixed relation, it will generate perpendicularly from Wafer W or an orientation plate FP, and the interference beat light will return in

accordance with the optical path of two light transmission beams in order of mirror 2Y, Diaphragm APA, and objective lens 3Y through the projection lens PL. Interference beat light penetrates a beam splitter 135 in part, and reaches a photodetector 139. The light-receiving side of a photodetector 139 is mostly arranged with the pupil surface EP of the projection lens PL conjugate. Moreover, two or more photoelectric elements (a photodiode, photo transistor, etc.) separate into the light-receiving side of a photodetector 139 mutually, it is arranged, and interference beat light is received by the photoelectric element located at the core (core of a pupil surface) of a photodetector 139. The photoelectrical signal turns into an AC signal of the shape of a sine wave of a frequency equal to beat frequency, and is inputted into the phase contrast measurement circuit 140.

[0035] Moreover, with the inverse Fourier transform lens 136, on the reference grid plate 137 of a transparency mold, two light transmission beams which penetrated the beam splitter 135 serve as the parallel flux of light, and cross. Therefore, a 1-dimensional interference fringe is formed on the reference grid plate 137, and this interference fringe flows to an one direction at the rate according to beat frequency. A photoelectric element 138 receives either the interference light of the primary [**] diffracted light generated on the same axle from the reference grid plate 137, or the interference light of zero-order light and the secondary diffracted light. These interference lights also carry out on-the-strength change on a frequency equal to beat frequency at the shape of a sine wave, and a photoelectric element 138 outputs the AC signal of a frequency equal to beat frequency to the phase contrast measurement circuit 140 as a reference signal.

[0036] The phase contrast measurement circuit 140 asks for phase contrast $\Delta\phi$ (less than 180° degrees) of the AC signal from a photodetector 139 on the basis of the reference signal from a photoelectric element 138, and outputs the information SSB on the amount of location gaps of the direction of Y of the mark LIMy on the orientation plate FP corresponding to the phase contrast $\Delta\phi$ (or mark on an equivalent wafer), i.e., the grid pitch direction, to the main control system 114 in drawing 7. Although the resolving power of location gap detection is decided by the relation between the pitch of Mark LIMy, and the pitch of the interference fringe irradiated on this mark, and resolving power of a phase contrast detector Supposing phase contrast detection power is 1° , when the pitch Pf of 8 micrometers and an interference fringe is set to $P_g/2$ for the grid pitch P_g of Mark LIMy, location gap detection power is expressed with $(1^\circ / 180^\circ) \times (P_g/4)$, and is set to about 0.01 micrometers.

[0037] Based on the location gap information SSB from the TTL alignment system of the LIA method of such a high resolution, the main control system 114 of drawing 7 can carry out servo control of the drive system 116 of the wafer stage WST, and it can carry out the servo lock of the wafer stage WST so that the mark LIMy on an orientation plate FP may always be driven into fixed physical relationship to the reference grid plate 137.

[0038] however, the case where a servo lock is performed -- a photoelectric element 138 and a photodetector 139 -- respectively -- since -- since the phase contrast of a signal should be just stable in the predetermined value, a servo lock is possible only by not changing phase contrast into the amount of location gaps, and detecting only the variation of phase contrast especially. A TTL alignment system one detection method which will be accepted As indicated by JP,2-233011,A hung up previously A mark is scanned to the laser spot light of the shape of SURRITO prolonged in the direction of mark detection, and the direction which intersects perpendicularly. interferometers IFX and IFY2 produced with the diffraction generated from the mark, and the signal level obtained by carrying out photoelectrical detection of the scattered light in migration of the wafer stage WST for a mark scan from -- it is the method which answers an up-and-down pulse and carries out a digital sampling.

[0039] When shutter 132A closes and shutter 132B is open, a laser beam carries out incidence to light transmission system 133B of the laser step alignment (LSA) method in drawing 8. The beam which carried out incidence is an operation of a beam expander and a cylindrical lens, and the beam cross section of a condensing point is fabricated in the shape of [which was prolonged in the one direction] a slit, and carries out incidence of it to the projection lens PL through beam splitters 134 and 135, lens system 3Y, and mirror 2Y. Under the present circumstances, ** APA serves as a wafer side (field of an orientation plate FP), and conjugate under the wavelength of a helium-Ne laser beam, and a beam is condensed in the shape of a slit here. In the case of the TTL alignment system shown in drawing 8, the beam spot made by the LSA method is fabricated in the shape of [which was prolonged in the direction of X in the location where it was stood still within the projection visual field PIF] a slit. When the wafer stage WST is scanned in the direction of Y and the mark LSMY on an orientation plate FP crosses the

beam spot, the diffracted light generated from this mark LSMY or the scattered light reaches a photodetector 139 through the projection lens PL, mirror 2Y, objective lens 3Y, and a beam splitter 135, and is received by the photoelectric element of perimeters other than a central photoelectric element. The photoelectrical signal from this photoelectric element is inputted into the LSA processing circuit 142, it answers up-and-down pulse signal UDP from the interferometer IFY2 for the wafer stages WST (or IFY1), and a digital sampling is carried out. The processing circuit 142 memorizes in memory the signal wave form by which the digital sampling was carried out, by high-speed wave processing using a digital operation, computes the Y coordinate value of the wafer stage WST in case the central point of the direction of Y of the slit-like spot light of a LSA method and the central point of the direction of Y of Mark LSMY agree in a precision from the wave on memory, and outputs it as mark positional information SSA. This information SSA is sent to the main control system 114 in drawing 7, and is used for drive control of the drive system 116 of the wafer stage WST.

[0040] Moreover, the memory which answers at up-and-down pulse signal UDP, and carries out the digital sampling of the photoelectrical signal SSD from the photoelectrical sensor 121 of drawing 7 into the LSA processing circuit 142, It has the circuit which carries out high-speed data processing of the signal wave form in memory, and is the reticle mark RM 1. The coordinate value of the wafer stage WST in case a projection image and the luminescence mark IFS with the projection lens PL are in agreement Reticle mark RM 1 It outputs to the main control system 114 as projection positional information SSC.

[0041] Next, with reference to drawing 9 and drawing 10, the detailed configuration of the off-axis alignment system OWA is explained. Drawing 10 shows the configuration of the off-axis alignment system OWA, IMP expresses a wafer front face or the front face of an orientation plate FP, and image formation of the image of the surface field located in the visual field MIF of objective lens 4B is carried out on index plate 4F through prism mirror 4A, objective lens 4B, mirror 4C, lens system 4D, and half mirror 4E. The light which illuminates a front face IMP goes to a front face IMP through lens system 4D, mirror 4C, and objective lens 4B and prism 4A through half mirror 4E. The illumination light has the bandwidth of about 300nm in the wavelength region where the sensibility to the resist layer of a wafer is very low.

[0042] Index plate 4F are the index mark TMX1 which consists of two or more Rhine patterns (4 [for example,]) by the protection-from-light section on clear glass as shown in drawing 9, TMX2, TMY1, and TMY2. It forms. Drawing 10 is the straight lines LX and LY1 set up on the orientation plate FP. The condition that the intersection and the core of index plate 4F were in agreement is expressed. The index mark TMX1 and TMX2 Reference mark FM1 on an orientation plate FP It is prepared so that it may insert in the direction of X, and they are the index mark TMY1 and TMY2. Reference mark FM1 It is prepared so that it may insert in the direction of Y.

[0043] Now, expansion image formation of each index mark on target board 4F and the image of reference mark FM1 (or mark on a wafer) is carried out to image formation lens 4G for an image pick-up on two CCD camera 4X and 4Y through half mirror 4H. The image pick-up field of CCD camera 4X is set as field 40X in drawing 9 on target board 4F, and the image pick-up field of CCD camera 4Y is set as field 40Y. And the horizontal scanning line of CCD camera 4X is the index mark TMX1 and TMX2. It is set in the direction of X which intersects perpendicularly with the Rhine pattern, and the horizontal scanning line of CCD camera 4Y is the index mark TMY1 and TMY2. It is set in the direction of Y which intersects perpendicularly with the Rhine pattern. The picture signal from each of CCD cameras 4X and 4Y The circuit which carries out the digital sampling of the signal level for every pixel, the circuit which carries out the conversion average of the picture signal (digital value) acquired for two or more horizontal scanning lines of every, The index mark TM and reference mark FM1 It is processed in wave processing circuits, such as a circuit which calculates each amount of location gaps of the direction of X, and the direction of Y at a high speed, and the information on the amount of location gaps is sent to the main control system 114 of drawing 7 as information SSE.

[0044] In addition, in the case of this example, the detection central point of the off-axis alignment system OWA is two index marks TMX1 about the direction of X as an example. TMX2 It is 2 grade equinoctial point of the direction of X, and they are two index marks TMY1 about the direction of Y. TMY2 It is 2 grade equinoctial point of the direction of Y. However, depending on the case, they are two index marks TMX1 and TMX2. Inside TMX2, for example, a mark, The central point of the direction of X may be set as a detection core.

[0045] Drawing 11 is reference mark FM1 formed on the orientation plate FP. It is an enlarged drawing,

and while arranging two or more Rhine patterns prolonged in the direction of Y at constant pitch in the direction of X, it is formed as a two-dimensional pattern which arranged two or more Rhine patterns prolonged in the direction of X at constant pitch in the direction of Y. This reference mark FM1 In location detection of the direction of X, the picture signal from CCD camera 4X is analyzed in a wave processing circuit, the mean position of each detection location (pixel location) of two or more Rhine patterns located in a line in the direction of X is made into the direction location of X of reference mark FM1, and they are the index mark TMX1 and TMX2. What is necessary is just to calculate the amount of gaps with a center position. Reference mark FM1 about the direction of Y It is similarly carried out by CCD camera 4Y about detection and detection of the amount of location gaps.

[0046] By the way, as drawing 5 explained previously, arrangement of the various marks on the orientation plate FP detected by the TTR alignment system and the TTL alignment system is further explained with reference to drawing 12 about this, although set to fixed physical relationship. Drawing 12 is the enlarged drawing of each mark located on the straight line LX, and Mark LIMy is the diffraction grating which arranged the grid element at constant pitch (for example, 8 micrometers) in the direction of Y, and is the two-dimensional grid pattern which Mark LSMy arranged the dot pattern of a minute square in the pitch PSx in the direction of X as expanded and shown in circular, and was arranged in the pitch PSy in the direction of Y. It is detected by the beam spot of the TTL alignment system of the LSA method for the directions of Y, the beam spot is prolonged in the shape of a slit in the direction of X, and Mark LSMy of the beam width of the direction of Y is almost equal to the dimension of the direction of Y of a dot pattern. In addition, the pitch PSx of the direction of X contributes to diffracted-light generating at the time of mark detection, and the pitch PSy of the direction of Y is for arranging and forming two or more grid marks into a multi-mark in the direction of Y. Therefore, when there is no need of forming a multi-mark, there should be only a dot pattern group of an example located in a line on a straight line LX.

[0047] Moreover, although the pitch PSx of the direction of X is uniquely decided by the wavelength of the beam spot, and the angle of diffraction of the primary diffracted light needed, the pitch PSy of the direction of Y is equal to PSx, or should be just larger than it. Now, as drawing 5 explained, it is the spacing K1 of the central point of the direction of X of Mark LIMy, and the central point of the direction of X of reference mark FM2A. Spacing K2 of the central point of the direction of X of the luminescence mark IFS, and the central point of the direction of X of Mark LSMy It has the relation of $K1 = K2 \cdot \Delta X_k$. the core of the mark detection field (exposure field of an interference fringe) of the TTL alignment system of a LIA method [in / in this condition / this example], and the mark detection central point (beam spot) of the TTL alignment system of a LSA method -- about -- one, since I am doing, it is needed, and it is not necessarily limited to the above-mentioned conditions.

[0048] The TTL alignment system explained by the above drawing 8 is constituted completely similarly by the object for the directions of X, and the positional information of the direction of X of each mark is sent to the main control system 114. Next, although the base-line measurement by the equipment (stepper) of this example and actuation of various alignment are explained, the amendment to the installation error to the wafer stage WST of an orientation plate FP is described before that. It is the residual rotational error within the system of coordinates XY of an orientation plate FP which influences a final precision among the installation errors of an orientation plate FP.

[0049] In case this kind of orientation plate is conventionally attached on a wafer stage, fixing through the hardware which can be finely tuned with a set screw etc. is also proposed (for example, JP,55-135831,A). However, considering fluctuation with time, probably, the fixed approach of the orientation plate through a fine-tuning device will be very disadvantageous in respect of precision stabilization. Therefore, as for an orientation plate FP, it is desirable to fix so that even jogging (nm order) may be impossible on a wafer stage.

[0050] Even if it made it which fixed approach, in this example, the residual rotation error amount of an orientation plate FP was calculated beforehand. The parallelism of the straight line LX set up on the orientation plate FP shown in drawing 4 and the reflector of the migration mirror IMy shown in drawing 3 is meant as the residual rotational error said here. Since all coordinate location managements of the wafer stage WST are based on interferometers IFX and IFY1 (or IFY2), they can be said to be that each reflector of the migration mirrors IMx and IMy has been the criteria of coordinate location measurement. Therefore, the parallelism of the reflector of the migration mirror IMy and the straight line LX on an orientation plate FP becomes a problem. Moreover, since it can respond by positioning of the wafer stage WST as an installation error about an parallel gap in each direction of the direction of Y which

intersects perpendicularly with the reflector of the migration mirror IMy, and the direction of X which intersects perpendicularly with the reflector of the migration mirror IMx, it hardly becomes a problem. [0051] Now, the residual rotational error of an orientation plate FP may be searched for by self-measurement by the stepper who illustrated, and may be searched for by the proof print using a wafer. Here, the approach by self-measurement is explained as an example. It has the direction of mark detection of the direction of Y among each alignment sensor of the stepper who illustrated, and they are two interferometers IFY1 and IFY2. Since it is only the wafer alignment system OWA of an off-axis method, at this example, it is the interferometer IFY1 which satisfies ABBE conditions about either. It shall consider as criteria and the mark detection function of the direction of Y of the alignment system OWA shall be used. The coordinate location of each direction of Y of two reference mark FM2A and FM2D on an orientation plate FP is first measured by the off-axis alignment system OWA. Therefore, the index mark TMY1 which the bar mark prolonged in the direction of X of reference mark FM2D was located in the visual field of objective lens 4B of the off-axis alignment system OWA, and showed it to drawing 9 as shown in drawing 13 (A) and TMY2. The amount of location gaps of the direction of Y is calculated in between. They are the index mark TMY1 and TMY2 in that case. It may be made to carry out alignment of the bar mark prolonged in the direction of X of reference mark FM2D only to either. In addition, in drawing 13, only theta_f shall rotate, and the migration mirror IMy and the straight line LX on an orientation plate FP are expressed exaggeratingly.

[0052] make it any -- the index mark TMY1 and TMY2 deltaY_{Fd} is detected for the amount of gaps of the direction of Y of reference mark FM2D set criteria based on the picture signal from CCD camera4Y of drawing 10. The amount of location gaps is obtained as information SSE inputted into the main control system 114 of drawing 7. The interferometer IFY1 when having detected reference mark FM2D by objective lens 4B to coincidence, and IFY2 Measurement values YA1 and YA2 are memorized by the main control system 114.

[0053] Next, they are the index mark TMY1 of the off-axis alignment system OWA, and TMY2 about the bar mark which only the constant rate L_{fp} made move in the direction of X on the wafer stage WST, and was prolonged in the direction of X of reference mark FM2A. It receives and positions. The situation at this time is shown in drawing 13 (B). The constant rate L_{fp} in that case is equally determined as design spacing of the direction of X of reference mark FM2A and FM2D.

[0054] and -- the same -- amount of gaps deltaY_{Fa} of the direction of Y of reference mark FM2A, and an interferometer IFY1 and IFY2 Each measurement value YB1 and YB2 It asks. A measurement activity is completed by the above actuation and the rest asks for residual rotational error theta_f by the operation. First, when only a constant rate L_{fp} moves the wafer stage WST in the direction of X and it carries out [yawing did not occur and] a thing, it is rotational error theta_f. It asks by the degree type in approximation.

[0055]

$$\text{theta}_f' = (\text{YA1} - \text{deltaY}_{Fd}) - (\text{YB1} - \text{deltaY}_{Fa}) / \text{L}_{fp} = (\text{YA1} - \text{YB1}) + (\text{deltaY}_{Fa} - \text{deltaY}_{Fd}) / \text{L}_{fp} \quad (1)$$

However, when yawing has occurred, a part for the minute rotational error delta_{theta_f} of the wafer stage WST by the yawing will be contained in the formula (1). Therefore, true residual rotational error theta_f becomes like a degree type.

[0056]

$$\text{theta}_f = \text{theta}_f' - \text{delta}_{\text{theta}_f} \quad (2)$$

$$\text{Rotational error delta}_{\text{theta}_f} \text{ by yawing } \text{delta}_{\text{theta}_f} = (\text{YA1} - \text{YA2}) / \text{LB} - (\text{YB1} - \text{YB2}) / \text{LB} \quad (3)$$

It comes out and asks. LB is two interferometers IFY1 and IFY2 here. It is spacing of the direction of X of each length measurement shaft.

[0057] Then, when same measurement shall be performed using reference mark FM2C instead of reference mark FM2D, design spacing of the direction of X of reference mark FM2A and FM2C is an interferometer IFY1 and IFY2. It becomes equal to the spacing LB of the direction of X, therefore migration of the constant rate L_{fp} of the wafer stage WST also serves as L_{fp}=LB. For this reason, a formula (3) is as follows when using reference mark FM2A and FM2C (or FM2B and FM2D).

[0058]

$$\text{delta}_{\text{theta}_f} = (\text{YA1} - \text{YB1}) + (\text{YB2} - \text{YA2}) / \text{L}_{fp} \quad (4)$$

$$\text{Therefore, a formula (1), (2), and (4) to residual rotational error theta}_f \text{ theta}_f' - \text{delta}_{\text{theta}_f} = (\text{deltaY}_{Fa} - \text{deltaY}_{Fd}) - (\text{YB2} - \text{YA2}) / \text{L}_{fp} \quad (5)$$

It asks by carrying out.

[0059] That is, spacing of the direction of X of two reference marks used for measurement is two

interferometers IFY1 and IFY2. It is the interferometer IFY1 considered as criteria when equal to spacing of the direction of X. It is necessary to act as the monitor of the measurement value (YA1 and YB1). Since residual rotational error θ_{taf} [as opposed to the migration mirror IMy of an orientation plate FP as mentioned above] is called for, this value is memorized in the main control system 114. In addition, since the reference mark in alignment with the straight line LX on an orientation plate FP is in four places, it searches for a residual rotational error using two reference marks of arbitration, and you may make it take the average. For example, rotational error θ_{taf1} acquired by reference mark FM2A and FM2C Rotational error θ_{taf2} acquired by reference mark FM2B and FM2D The addition average $(\theta_{\text{taf1}} + \theta_{\text{taf2}}) / 2$ are made into the residual rotational error of an orientation plate FP. Furthermore, on a straight line LX, it is Marks LIMy and LSMy, and IFS and FM1. Since it is prepared, any two may be detected by the off-axis alignment system OWA among these, and mark location measurement of the direction of Y may be performed. make it any -- the larger one as much as possible for precision reservation of the distance of the direction of X of two marks which should be measured is desirable.

[0060] Moreover, the measuring method of the residual rotational error by the self-measurement explained above is an example, and other approaches by self-measurement are considered. That is explained in a next operating sequence. Although the above measuring method furthermore asks for θ_{taf} , since θ_{taf} is detected as offset at the time of the wafer alignment by the off-axis alignment system OWA, the method of asking for θ_{taf} is also considered by investigating the vernier after exposure. That is, it can ask for residual installation error θ_{taf} by performing superposition exposure to a test wafer using the off-axis alignment system OWA, and reading the vernier which checks superposition precision among the resist patterns after development in X and the direction of Y.

[0061] Next, although actuation of the base-line measurement by the equipment of this example is explained, the actuation explained here is typical and is collectively described about some deformation actuation later. Drawing 14 and 15 are the flow chart Figs. explaining a typical sequence, and generalization control of the sequence is mainly carried out by the main control system 114.

[0062] First, the reticle R contained at the predetermined storage case is conveyed to automatic or hand control, and loading is carried out on a reticle stage RST only depending on mechanical positioning accuracy and delivery precision (step 500). In this case, the loading precision of Reticle R makes magnitude of the window region for a reticle mark (inside of the protection-from-light band SB) shown in drawing 6 5mm angle extent, and is double slit mark RM1 x and RM2 y. Supposing it sets die length to about 4mm, $\sqrt{2}$ mm or less is desirable.

[0063] Next, the main control systems 114 are the marks [RM / RM and / 2] 1 of Reticle R. The reticle search for carrying out alignment of the location of Reticle R rough preparatorily is performed so that it may be normally detected by the TTL alignment systems 1A and 1B. As shown in steps 504 and 506 of drawing 14, there are two, an SRA method and an IFS method, in this reticle search, and it is chosen which mode to make it at step 502. With PURIARAIMENTO by the IFS method of step 504 As shown in drawing 6, the location of a reticle stage RST has been fixed. The luminescence marks IFS are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. The wafer stage WST by big stroke (for example, several mm) so that the location which is likely to exist may be searched X, Search migration is made to carry out in the direction of Y, and they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. A location Interferometer IFX, IFY2 It is based, and detects rough, the amount of gaps from the location on the design of the detection location is calculated, and they are the interferometers IRX and IRY for reticle stages RST, and the method which makes reliance move a reticle stage RST slightly for IRtheta.

[0064] On the other hand, PURIARAIMENTO by the SRA method of step 506 is performed as follows. Reticle marks [RM / RM and / 2] 1 The field of the solid color of an orientation plate FP is arranged directly under the location which is likely to exist, in the condition, using the TTR alignment systems 1A and 1B, the pattern on Reticle R is picturized and the picture signal wave according to the horizontal scanning line in 1 screen is incorporated in memory with CCD cameras 112X and 112Y (drawing 7). Next, since only a constant rate moves a reticle stage RST in the direction of X, or the direction of Y by the drive system 115 based on the measurement value of Interferometers IRX and IRY and IRtheta, the picture signal wave of 2 screen eye is incorporated from a CCD camera, and it connects with the signal wave form of 1 screen eye. Then, after analyzing the connected picture signal wave, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. After asking for each location and calculating the amount of gaps from the location on a design, it is the method to which the location of a reticle stage RST is moved.

[0065] Even if it is which search mode, they are the marks RM1 and RM2 of Reticle R. PURIARAIMENTO [each core / the core in the image pick-up field of CCD cameras 112X and 112Y in

which it was prepared by each of two TTR alignment systems 1A and 1B / it is about several micrometers in precision, and]. Next, before that, although the main control system 114 starts reticle alignment actuation from step 508, it controls a drive system 116 according to the measurement value of interferometers IFX and IFY2 (or IFY1), and positions the wafer stage WST so that each, two 2Bs, reference mark FM2A and FM2B, may come to the location on the design within the visual field PIF of the projection lens PL. Positioning of the wafer stage WST pictures reference mark FM2A and (FM2B) with CCD cameras 112X and 112Y, where it has consistency in general with the reticle mark RM 1 (RM2). Reticle mark RM 1 of as opposed to [operate the processing circuits 113X and 113Y in drawing 7 in this phase, and] reference mark FM2A The amount of location gaps of X and the direction of Y (deltaXR1, deltaYR1), and reticle mark RM 2 to reference mark FM2B The amount of location gaps of X and the direction of Y (deltaXR2 and deltaYR2) is measured.

[0066] Next, when each amount of location gaps judges whether it is less than an allowed value and has separated rather than the allowed value at step 510, it progresses to step 512. At this time, they are two reticle marks [RM / RM and / 2] 1. So that clearly from a configuration and arrangement the alignment of the direction of X of Reticle R They are each reticle marks [RM / RM and / 2] 1 to each central point of reference mark FM2A and FM2B. If the time of having shifted the time of each of the central point having shifted towards the reticle core CC to forward and hard flow is made negative Amount of gaps deltaXR1 of the direction of X deltaXR2 It is attained by making a polarity and an absolute value equal. [0067] Similarly, the alignment of the direction of Y of Reticle R and the direction of theta is each reticle marks [RM / RM and / 2] 1. When the time of the central point shifting in the forward direction of the Y-axis of rest frame is made forward, it is amount of gaps deltaYR1 of the direction of Y. deltaYR2 It is attained by making a polarity and an absolute value equal. The amount deltathetaR of gaps of the direction (hand of cut) of theta of Reticle R is the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. If spacing of the direction of X is set to Lrm, it will ask by the degree type from amount of gaps deltaYR1 of the direction of Y, and deltaYR2 (absolute size on a reticle).

[0068]

$\text{DeltathetaR} = \sin^{-1} (L_{\text{rm}}) (\text{deltaYR1} - \text{deltaYR2})$

** $(\text{deltaYR1} - \text{deltaYR2}) / L_{\text{rm}} \rightarrow (6)$

However, for spacing Lrm, since it is fixed about every reticle, evaluation of the amount of gaps of the reticle R of the direction of theta is deltaYR1-deltaYR2 simply. What is necessary is just to ask for the size of an absolute value. When the amount of gaps of the reticle R of X, Y, and the direction of theta is larger than an allowed value, a reticle stage RST is made to move slightly at step 512 from the above thing. Since it is computed based on each amount of gaps (deltaXR1 and deltaYR1), and (deltaXR2 and deltaYR2) whether which should just make a reticle stage RST move slightly about the direction of X, the direction of Y, and the direction of theta at this time, it makes it move slightly to the location which should be amended while acting as the monitor of the location of a reticle stage RST by three interferometers IRX and IRY and IRtheta. This drive method is called the so-called opening control system, and if the control precision of a drive system 115 and the positioning accuracy of a reticle stage RST were fully high, wrote and are stable, it can carry out alignment of the reticle R to a target position correctly only by one location gap measurement (step 508) and one location amendment (step 512).

However, since it is necessary to check whether alignment has been correctly carried out to the target position by location amendment, the main control system 114 repeats the actuation from step 508 again. [0069] It means that alignment of the reticle R had been carried out by the above steps 508-510 to the coordinate location on the design of two reference mark FM2A on an orientation plate FP, and FM2B. Now, although alignment of the reticle R is carried out to reference mark FM2A and FM2B in this way, since the orientation plate FP has fixed residual rotational error thetaf to the reflector of a migration mirror as drawing 13 explained previously, the reticle R after alignment will rotate only thetaf to the reflector of a migration mirror strictly.

[0070] Then, in case a reticle stage RST is made to move slightly at step 512, it is the reticle mark RM 1. The alignment location to reference mark FM2A has offset [further / (deltaOx 1 and deltaOy 1)], and it is the reticle mark RM 2. It sets up so that the alignment location to reference mark FM2B may have offset [further / (deltaOx 2 and deltaOy 2)]. here -- offset deltaOx 1 of the direction of X, and deltaOx 2 both -- zero -- good -- offset deltaOy 1 of the direction of Y, and deltaOy 2 It is determined that it is the following.

[0071] $\text{deltaOy 1} = L_{\text{rm}} - \theta_{\text{f}} / 2$ $\text{deltaOy 2} = -$ When carrying out alignment of $L_{\text{rm}} - \theta_{\text{f}} / 2$, therefore the reticle R on the basis of an orientation plate FP, the last conditions in consideration of the installation

error (θ) of an orientation plate FP are things making the amount of location gaps when detecting each mark by the TTR alignment system be the following.

[0072] direction of X: -- direction [of $\Delta X R1 = \Delta X R2 \rightarrow 0Y$]: -- $\Delta Y R1 \rightarrow \Delta O R y 1$ and $\Delta Y R2 \rightarrow \Delta O R y 2$ A setup in the last alignment location where these offset got The interferometers IRX and IRY for reticles and the opening control system using IR θ may be used, and the amount of location gaps calculated from each processing circuits 113X and 113Y of a TTR alignment system -- a deflection signal -- carrying out -- the above -- a reticle stage RST may be driven by closed loop control by making the final amount of location gaps into desired value.

[0073] By the way, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 in addition to the approach explained to be the case where it asks for residual rotational error θ of an orientation plate FP by previous drawing 13 . There is an approach using a TTR alignment system. The approach is the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 with a TTR method before step 508 in the flow chart of drawing 14 . It can perform by adding reference mark FM2C and the step which carries out alignment of the FM2D.

[0074] That is, since R is set up in the precision of a less than **several micrometers reticle when PURIFICATION of Reticle R is completed by step 504 or 506, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. It considers as a temporary reference point and the coordinate location of reference mark FM2C and FM2D is measured. Under the present circumstances, reticle marks [RM / RM and / 2] 1 Since it is mostly located in the symmetry about the direction of X from the optical axis AX of the projection lens PL, Reticle mark RM 1 detected by TTR alignment system 1A Amount of location gaps $\Delta Y2C$ of the direction of Y with reference mark FM2C, Reticle mark RM 2 detected by TTL alignment system 1B An Abbe error is strictly contained in each with amount of location gaps $\Delta Y2D$ of the direction of Y with reference mark FM2D. However, when addition average-value ΔYRC [$(\Delta Y2C + \Delta Y2D) / 2$] showing the amount of gaps of the direction of Y of the central point of Reticle R and the central point of reference mark FM1 is calculated, a part for an Abbe error will be offset by averaging. Therefore, interferometer IFY2 when shifting by the TTR alignment systems 1A and 1B and having detected amount $\Delta Y2C$ and $\Delta Y2D$ Measurement value Y_{fm1} If it memorizes and the value of $YF1 = Y_{fm1} - \Delta YRC$ is calculated, the Y coordinate value YF1 of the central point (middle point of the direction of X of reference mark FM2C and FM2D) of reference mark FM1 on the basis of the central point of Reticle R will be acquired.

[0075] What is necessary is just to calculate amount of gaps ΔXRC [$(\Delta X2C - \Delta X2D) / 2$] of the direction of X of the central point of Reticle R, and the central point of reference mark FM1 in consideration of the directivity (positive/negative) of the gap about the direction of X based on amount of gaps detected by TTR alignment system 1B with amount $\Delta X2C$ by shifting $\Delta X2D$ detected by TTR alignment system 1A. under the present circumstances, the X coordinate location of the wafer stage WST -- Interferometer IFX -- Y_{fm1} ***** -- X coordinate value XF1 of the central point of reference mark FM1 on the basis of the central point of Reticle R by detecting and computing $XF1 = Y_{fm1} - \Delta XRC$ It is obtained.

[0076] The coordinate value (XF1 and XF2) calculated as mentioned above is a value including the distance from each reflector of an interferometer IFX2 and the migration mirrors IMy and IMx on the basis of IFX to the central point of reference mark FM1. Next, the wafer stage WST is moved and step 508 of drawing 14 is performed. As explained previously, at step 508, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 by the TTR alignment systems 1A and 1B first. Each amount of location gaps with reference mark FM2A and FM2B is calculated. Reticle mark RM 1 The amounts of location gaps of receiving reference mark FM2A are ($\Delta X R1$ and $\Delta Y R1$), and it is the reticle mark RM 2. The amounts of location gaps of receiving reference mark FM2B are ($\Delta X R2$ and $\Delta Y R2$). under the present circumstances, the coordinate value (X_{fm2} and Y_{fm2}) of the wafer stage WST although it was unnecessary, when the TTR alignment system has detected reference mark FM2A and FM2B at step 508 in drawing 14 -- interferometers IFX and IFY2 from -- it memorizes.

[0077] From the above measurement result, the main control system 114 calculates the coordinate value (XF2 and YF2) of the central point (middle point of the direction of X of mark FM2A and FM2B) of reference mark FM2 on the basis of the central point of Reticle R as follows.

$XF2 = X_{fm2} - (\Delta X R1 - \Delta X R2) / 2$ $YF2 = Y_{fm2} - (\Delta Y R1 - \Delta Y R2) / 2$ -- this coordinate value (XF2 and YF2) is a value including the distance from each reflector of an interferometer IFY2 and the migration mirrors IMy and IMx on the basis of IFX to the central point of reference mark FM2.

[0078] Therefore, installation error θ of the orientation plate FP containing the amount $\Delta \theta$ of yawing when moving the wafer stage WST to the detection location of reference mark FM2A and

FM2B from the detection location of reference mark FM2C and FM2D It is computed by the degree type.

thetaf **YF1-YF2/XF1-XF2 -- (7)

In this case, IFY1 of two interferometers Measured value and interferometer IFY2 Since the variation of a difference with a measurement value is equivalent to the amount deltathetay of yawing, true installation error thetfa can be found by amending like a previous formula (2).

[0079] While the above operation is performed, the main control system 114 performs the following steps 510 and 512. That is, the amount of location gaps (deltaXR1 and deltaYR1), and (deltaXR2 and deltaYR2) which asking for installation error thetfa of an orientation plate FP in the sequence of drawing 14 as stated above measured first at step 508 are needed. Next, the main control system 114 performs actuation from step 516 shown in drawing 15. Step 516 chooses whether the servo lock of the location of an orientation plate FP is carried out by the LIA method or whether a servo lock is carried out based on the measurement value by the interferometers IFX and IFY2 (or IFY1) for the wafer stages WST, and a TTL alignment system. When the servo lock using an interferometer is chosen, it progresses to step 518 and the coordinate value of the wafer stage WST in the time of reticle alignment being attained is memorized, and the measurement value of interferometers IFX and IFY2 (or IFY1) carries out servo control of the drive system 116 of the wafer stage WST so that it may always be in agreement with the storage value. When the servo lock of a LIA method is chosen, it progresses to step 520, the shutters 132A and 132B shown in drawing 8 are set as the condition in drawing, and an interference fringe is irradiated on each of the marks LIMx and LIMy on an orientation plate FP. And by the phase contrast measuring circuit 140, about each of the direction of X, and the direction of Y, servo control of the wafer stage WST is carried out so that phase contrast with a reference signal may always become a predetermined value. In the case of a LIA method, alignment of the two marks LIMx and LIMy on an orientation plate FP will be carried out to the reference grid plate 138 fixed to the interior of a TTL alignment system.

[0080] Although the servo lock of the wafer stage WST is possible in a precision almost equivalent also in the interferometer mode based on the measurement value of interferometers IFX and IFY2 (or IFY1), or the LIA mode based on a TTL alignment system, according to an experiment or simulation, it is confirmed that the LIA mode is stable from interferometer mode. Generally, X of the wafer stage WST and the migration stroke of the direction of Y are larger than the diameter of a wafer, and 30cm or more is required as an example. for this reason, interferometers IFX and IFY2 from -- the optical path length who exposes into atmospheric air among laser beams -- more than number +cm -- and if local refractive-index fluctuation arises to air in the meantime, although the wafer stage WST will stand **** still, the value of the counter inside an interferometer is changed by the order which is 1/100micrometer-1 / 10 micrometers. Therefore, when a servo lock is carried out so that the counted value of an interferometer may become fixed, the location of the wafer stage WST may move slightly within the limits of about **0.08 micrometers by fluctuation of a refractive index. The fluctuation of a refractive index is produced when the lump of air with a temperature gradient passes through the inside of the optical path of the laser beam from an interferometer slowly. There is a disadvantageous point on an environment in the interferometer for wafer stages in this way, and stability may be missing from a LIA method. Covering can be prepared, and since there are space of the reticle and projection lens by which exposure of a beam is not avoided further, and space of a projection lens and a wafer only about several [at most] cm, the fluctuation of a refractive index cannot take place easily, so that the beam used by the LIA method may hardly be exposed into atmospheric air.

[0081] It is more desirable to make it such as much as possible, when a TTR alignment system can perform the positional servo of an orientation plate FB (wafer stage WST) in the condition of having detected reference mark FM2A and FM2B, from the above thing using a TTL alignment system. Next, the main control system 114 performs criteria mark detection using a TTR alignment system and an off-axis alignment system to coincidence at step 522. When a reticle stage RST moves slightly to a target position at previous step 510 and alignment is generally attained, a reticle stage RST is fixed by the vacuum adsorption by the side of the column used as the base etc. A reticle stage RST may carry out a minute amount strike slip in the case of this adsorption. Although this strike slip is minute, a base-line management top is one of the error factors, and it is necessary to fully recognize it. The recognition is possible by acting as the monitor of performing measurement actuation of step 508 again or Interferometers IRX and IRY, and the variation from the reticle alignment achievement point in time of the measurement value of IRtheta using CCD cameras 112X and 112Y of a TTR alignment system etc.

However, in this example, since it was made to manage as an amount of base lines also including the strike slip, it is not necessary to calculate only the amount of strike slips according to an individual specially.

[0082] Now, in the phase of step 522, reference mark FM1 on an orientation plate FP is already located in the detection field of the off-axis alignment system OWA. Then, the main control system 114 calculates the amount of location gaps of the target mark TM in target board 4F, reference marks FM1 and X, and the direction of Y (delta XF, delta YF) as an absolute size on a wafer using CCD cameras 4X and 4Y of an off-axis alignment system shown in drawing 10. CCD cameras 112X and 112Y of a TTR alignment system are used for coincidence, and it is the reticle mark RM 1. The amount of location gaps (deltaXR1 and deltaYR1) and the reticle mark RM 2 with reference mark FM2A The amount of location gaps with reference mark FM2B (deltaXR2 and deltaYR2) is measured as an absolute size by the side of a wafer. Since the TTR method and off-axis method is also using both CCD cameras as the photoelectrical sensor at this time, the processing circuits 113X and 113Y etc. are controlled to make incorporation tie MIIGU to the memory of a picture signal wave corresponding to the picturized mark image in agreement as much as possible. However, since a CCD camera generally outputs the picture signal for one frame every [1/] 30 seconds, it does not need to synchronize strictly incorporation of the picture signal of a TTR method and an off-axis method per frame. That is, it will be [that what is necessary is just to perform signal incorporation to coincidence in general] enough if it is less than (preferably less than 1 second) several seconds as an example. In addition, when the servo lock of the location of an orientation plate FP is being carried out with the interferometer, it is necessary to make incorporation of the picture signal wave in a TTR method, and incorporation of the picture signal wave in an off-axis method into spacing shorter enough than the time amount of fluctuation of the wafer stage location by fluctuation of the refractive index of air.

[0083] Next, the main control system 114 starts migration (scan) of the wafer stage WST, in order to cancel the servo lock of the wafer stage WST at step 524, to move to actuation of step 526 and to detect each mark on an orientation plate FP for a LSA method and an IFS method using coincidence. As drawing 6 and drawing 5 explained this step 526 previously, the luminescence slit mark IFS is the reticle mark RM 1. The wafer stage WST is moved so that it may scan to two-dimensional, and the wafer stage WST is positioned so that the luminescence slit mark IFS may become the physical relationship shown in drawing 6 first. The beam spot of the shape of a slit prolonged in the direction of X by the LSA method of a TTL alignment system at this time is shifted and located in the direction of Y to the mark LSMY on an orientation plate FP. When the wafer stage WST is scanned in the direction of Y from the condition, both the waves of the photoelectrical signal from the photodetector 139 of a LSA method and the photoelectrical signal SSD from the photoelectric element 121 of an IFS method come to be shown in drawing 16. Since drawing 16 (A) is the detection wave of the mark LSMY incorporated on memory and used Mark LSMY as five diffraction-grating patterns with the LSA method here, five peaks have generated it on a signal wave form. The processing circuit 142 shown in drawing 8 asks for each five center-of-gravity locations of those of a peak wave, and computes the average with the Y coordinate location YLs of Mark LSMY.

[0084] As the signal SSD acquired by the IFS method is shown in drawing 16 (B) on the other hand, it is the reticle mark RM 1. Double slit mark RM1 y It receives and two bottom wave parts are included. The processing circuit 142 asks for each two central point of a bottom wave in the signal wave form of drawing 16 (B), and is double slit mark RM1 y about the middle point. It computes as a main coordinate location YIf of the direction of Y of a projection image.

[0085] Similarly the luminescence slit mark IFS is moved like the arrow head of the direction of X in drawing 6, and it is the reticle mark RM 1. Double slit mark RM1 x It scans. At this time, the slit-like spot by the LSA method of the TTL alignment system for the directions of X is scanned by the mark LSMx on an orientation plate FP at coincidence, and the same wave as drawing 16 is acquired. Under the present circumstances, the X coordinate value of the mark LSMx detected by the LSA method for the directions of X is double slit mark RM1 x which are XLs and were detected by the LFS method. An X coordinate value is XIf.

[0086] As drawing 16 shows, a difference with the coordinate locations TLs and XIf is the amount of base lines of the direction of Y of the detection central point of a TTL alignment system and the projecting point of the core CC of Reticle R by the LSA method for the directions of Y. Next, the main control system 114 performs the operation for calculating the amount of base lines at step 528. A parameter required for this operation is divided into the constant value beforehand defined on the actual

measurement measured as shown to drawing 17 in a table, and the design. In the actual measurement of front Naka of drawing 17, "TTR-A" is TTR alignment system 1A in drawing 2, and "TTR-B" is TTR alignment system 1B. Moreover, about the direction of X, and the direction of Y, the actual measurement by each alignment system divides the amount of location gaps, or a mark location, and is displayed. On the other hand, as a constant value on a design, each distance (delta Xfb, delta Yfb) of X of the central point of reference mark FM1 and reference mark FM2A, X of each distance (delta Xfa, delta Yfa) of the direction of Y, the central point of reference mark FM1, and reference mark FM2B, and the direction of Y is beforehand measured and memorized by the precision on the basis of the straight line LX.

[0087] The main control system 114 computes the direction distance LF of X of 2 grade equinoctial point of the segment which connects each central point of reference mark FM2A and FM2B, and the central point of reference mark FM1 based on the constant values delta Xfa and delta Xfb.

$$LF = (Xfa [\text{delta}], \text{delta Xfb})/2 \text{ -- (8)}$$

Next, the main control system 114 is amount of gaps deltaXR1 of the direction of X searched for by TTR-A. Amount of gaps deltaXR2 of the direction of X searched for by TTR-B One half of difference deltaXcc(s) is calculated as a dimension by the side of a wafer.

[0088]

$$\text{deltaXcc} = (\text{deltaXR1} - \text{deltaXR2})/2 \text{ -- (9)}$$

They are deltaXR1 and deltaXR2 here. Reticle marks [RM / RM and / 2] 1 When having shifted in the direction of a reticle core to each of reference mark FM2A and FM2B, having shifted to forward and hard flow shall take a negative value. When value deltaXcc which was able to be found by this formula (2) is zero, the projecting point of the core CC of Reticle R will have agreed at the precision on 2 grade equinoctial point of the direction of X of each central point, two 2Bs, reference mark FM2A and FM2B.

[0089] The main control system 114 is based on actual measurement deltaXF and calculated value LF and delta Xcc. Next, the projecting point to XY coordinate plane of the core CC of Reticle R, The distance BLOx of the direction of X with the projecting point to XY coordinate plane of the central point (2 grade equinoctial point between the index marks TMX1 and TMX2) of the direction of X of index plate 4F of the off-axis alignment system OWA It computes as an amount of direction base lines of X about the off-axis alignment system OWA.

$$\text{BLOx} = \text{LF} - \text{delta Xcc} - \text{delta XF} \text{ -- (10)}$$

deltaXF is the index mark TMX1 and TMX2 here. When reference mark FM1 shifts in the direction of the projection lens PL (reference mark FM2A, FM2B) and is detected to 2 grade equinoctial point of the direction of X, a forward value is taken, and a negative value shall be taken, when it shifts to hard flow and is detected.

[0090] Next, the main control system 114 is actual measurement deltaYR1. Based on deltaYR2, amount of gaps deltaYcc of the direction of Y with 2 grade equinoctial point (it is a straight line LY2 mostly it is upwards) of the segment which connects the projecting point of the central point CC of Reticle R, and the central point of reference mark FM2A and the central point of FM2B is calculated.

$$\text{deltaYcc} = (\text{deltaYR1} - \text{deltaYR2})/2 \text{ -- (11)}$$

Here, they are deltaYR1 and deltaYR2. Reticle marks [RM / RM and / 2] 1 A negative value shall be taken, when having shifted in the forward direction (it is the upper part within the space of drawing 4) of Y on drawing 4 and having shifted to forward and hard flow to reference mark FM2A to which each corresponds, and FM2B. This amount Ycc of gaps becomes zero when two division into equal parts of a segment which connects the projecting point of the core CC of Reticle R and each central point of reference mark FM2A and FM2B is in agreement with a precision.

[0091] Furthermore, the main control system 114 is amount of gaps deltaYf2 of the direction of Y of the 2 grade equinoctial point of a segment and the central point of reference mark FM1 to which each central point of reference mark FM2A and FM2B is connected based on the constant values delta Yfa and delta Yfb. It asks.

$$\text{deltaYf2} = (\text{delta Yfa} - \text{delta Yfb})/2 \text{ -- (12)}$$

The above calculated value delta Ycc and delta Yf2 Based on actual measurement deltaYF, the main control system 114 computes the distance BLOy of the direction of Y of the projecting point of the core CC of Reticle R, and the projecting point of the central point (2 grade equinoctial point between the index marks TMX1 and TMX2) of the direction of Y of index plate 4F of the off-axis alignment system OWA as an amount of direction base lines of Y of the off-axis alignment system OWA.

[0092]

$BLOy = \Delta Y_{cc} - \Delta Y_f - 2 \cdot \Delta Y_F$ -- (13)

By the above operation, the amount of base lines of the off-axis alignment system OWA ($BLOx$, $BLOy$) can be found, and then as for the main control system 114, the amount of base lines of the TTL alignment system of a LSA method ($BLTx$, $BLTy$) is calculated. The amount $BLTy$ of base lines of the LSA method TTL alignment system for the directions of Y is the amount of gaps of the direction of Y of the central point of the direction of Y of the slit-like beam spot, the central point of Reticle R, and the projecting point of the core CC of Reticle R, and is calculated by the degree type.

[0093]

$BLTy = Y_{if} - Y_Ls$ -- (14)

Similarly, the amount $BLTx$ of base lines of the LSA method TTL alignment system for the directions of X is the amount of gaps of the direction of X of the central point of the direction of X of the slit-like beam spot, and the projecting point of the core CC of Reticle R, and it asks by the degree type.

$BLTx = Y_{if} - Y_Ls$ -- (15)

however, to the value calculated by the formula (14) and (15) Since the core of the luminescence mark IFS, arrangement error ΔY_{sm} of the direction of Y with the mark $LSMy$ on an orientation plate FP, and arrangement error ΔX_{sm} of the direction of X of the luminescence mark IFS and Mark $LSMx$ are contained, What is necessary is to memorize as a constant value beforehand and just to change a formula (14) and (15) like a formula (14') and (15'), respectively, when these errors cannot be disregarded.

[0094]

$BLTy = Y_{if} - Y_Ls - \Delta Y_{sm}$ -- (14')

$BLTx = X_{if} - X_Ls - \Delta X_{sm}$ -- (15')

By the above sequence, base-line measurement is completed and the wafer [PURIARAIMENTO / wafer] W is laid on the wafer stage WST. The shot field where two or more *****-ed, i.e., pattern space PA of Reticle R, are projected on Wafer W is arranged two-dimensional. And the alignment mark detected by the off-axis alignment system OWA or the TTL alignment system (2X, 3X; 2Y, 3Y) is formed in each shot field by fixed relation to the central point of a shot field. In many cases, the alignment mark on these wafers is prepared in a street line. Since many methods or a sequence is conventionally known by the approach of actual wafer alignment, explanation of these methods and a sequence is omitted to it, and explains only fundamental wafer alignment to it here.

[0095] Drawing 18 shows the shot field on Wafer W, and arrangement of a mark, and the width of face between the directions of Y of ΔX_{wm} , Core SCn , and the Y mark WM_y for the directions of Y in spacing of the direction of X of the core SCn of the shot field SA_n and the mark WM_x for the directions of X is defined on the design as ΔY_{wm} . First, when using the off-axis alignment system OWA, the mark WM_x of the shot field SA_n of arbitration is the index mark $TMX1$ and $TMX2$ in the detection field of the off-axis alignment system OWA. The wafer stage WST is positioned so that it may be inserted. Marks WM_x and WM_y shall be multi-line patterns like reference mark FM1 here.

[0096] And the main control system 114 reads the coordinate location X_m of the direction of X of the positioned wafer stage WST from Interferometer IFX. Furthermore the picture signal from CCD camera 4X in the off-axis alignment system OWA is processed, and amount of gaps ΔX_p of the direction of X of the central point of index plate 4F and the central point of Mark WM_x is detected. Next, the wafer stage WST is moved and they are the index mark $TMX1$ of an off-axis alignment system, and $TMX2$. The wafer stage WST is positioned so that the mark WM_y of a wafer may be inserted. the coordinate location Y_m of the direction of Y at this time -- interferometer IF 1 from -- it reads. And by the image pick-up of CCD camera 4Y, amount of gaps ΔY_p of the direction of Y of the central point of index plate 4F and the central point of Mark WM_y is calculated.

[0097] If the above mark location detection finishes, the coordinate location (X_e , Y_e) of the wafer stage WST for making the core SCn of the shot field SA_n agree at the projecting point of the core CC of Reticle R at the time of exposure will be called for by the back only by count of a degree type.

$X_e = X_m - \Delta X_p + (BLOx - \Delta X_{wm})$ -- (16)

$Y_e = Y_m - \Delta Y_p + (BLOy - \Delta Y_{wm})$ -- (17)

In addition, when detecting Marks WM_x and WM_y by the TTL alignment system of a LSA method, the stage coordinate location at the time of exposure can be found in a degree type considering each detection location of the marks WM_x and WM_y by the LSA method as X_m and Y_m .

[0098]

$X_e = X_m + BLTx - \Delta X_{wm}$ -- (18)

$Y_e = Y_m + BLTy - \Delta Y_{wm}$ -- (19)

By the above explanation, they are interferometers IFX and IFY1 also in the detection central point within the rest frame of the off-axis alignment system OWA. They are two interferometers IFX and IFY1 to the two-dimensional mark location detection using the off-axis alignment system OWA since it had determined that both measured value intersected perpendicularly. An Abbe error will be contained in the amounts ΔX_p and ΔY_p of gaps of the coordinate of the wafer stage WST at the time of mark detection, locations X_m and Y_m , and a mark location if a measurement value is used.

[0099] Therefore, interferometer IFY2 which fulfills ABBE conditions to the projection lens PL when detecting a wafer mark and a reference mark using the off-axis alignment system OWA. Not but, interferometer IFY1 which fulfills ABBE conditions to the alignment system OWA Using is important. However, interferometers IFX and IFY2 which fulfill ABBE conditions to the projection lens PL. Interferometers IFX and IFY1 which fulfill ABBE conditions to the off-axis alignment system OWA. Two interferometers IFX1 for the directions of Y and IFY2 in order to use changing as it is. It is necessary to reset each internal counter under a specific condition (or presetting). It is the halt location of the wafer stage WST at the time of detecting reference mark FM1 to detecting reference mark FM2 through the projection lens PL, and coincidence through the off-axis alignment system OWA, and performing base-line measurement to them, if it says from a conclusion, and they are two interferometers IFY1 and IFY2. The value of each internal counter is preset equally to one of values. Therefore, it sets to drawing 14 described previously and the sequence of 15, and they are two interferometers IFY1 and IFY2. While presetting actuation is required, the amendment operation of the amount of base lines resulting from installation error θ_{af} of the orientation plate FP described previously is needed. Then, below, the example is explained.

[0100] First, steps 508, 510, and 512 in drawing 14 perform reticle alignment. at this time, it explained previously in consideration of installation error θ_{af} of an orientation plate FP -- as -- reticle marks [RM / RM and / 2] 1 the alignment location of the direction of X -- $\Delta X_{R1} = \Delta X_{R2}$ it is -- and it is driven into zero -- as -- setting up -- the alignment location of the direction of Y -- $\Delta Y_{R1} - > \Delta Y_{R2} \rightarrow \Delta Y_{R2}$ It sets up so that it may be driven in, respectively. Namely, two reticle marks [RM / RM and / 2] 1 Alignment of the reticle R is carried out so that the line to connect may become the reflector of the migration mirror IMy, and parallel.

[0101] Then, although it goes into measurement of a base-line error, a servo lock works so that the wafer stage WST may not move, after reticle alignment is attained. The interferometer IFY2 which will satisfy ABBE conditions at the time to a projection lens if it thinks in the state of a servo lock. A measurement value L_e and interferometer IFY1 with which it is satisfied of ABBE conditions to an off-axis alignment system. The error of L_y ($\Delta \theta_{af} + \Delta \theta_{ar}$) exists between measurement values L_f . L_y is two interferometers IFY1 and IFY2 here. It is spacing of the direction of X of each measurement shaft, and a rotational error $\Delta \theta_{af}$ is a minute rotational error from the ideal location (ideal X-axis) of the reflector of the migration mirror KMy produced in the location of the wafer stage WST at the time of base-line measurement. Moreover, a rotational error $\Delta \theta_{ar}$ is a minute rotational error from the ideal location (X-axis) of the reflector of the migration mirror IMy produced when the wafer stage WST came to a predetermined home position. These errors $\Delta \theta_{af}$ and $\Delta \theta_{ar}$ are an interferometer IFY1 and IFY2, when the wafer stage WST usually comes to a home position, although it was directly immeasurable independently. By resetting to coincidence (or presetting), an internal counter is measurable as a changed part from the reset location of the synthetic value of $\Delta \theta_{af}$ and $\Delta \theta_{ar}$. That is, a changed part of $\Delta \theta_{af} + \Delta \theta_{ar}$ can measure as an amount of yawing on the basis of a reset location.

[0102] Therefore, interferometer IFY2 with which it is satisfied of ABBE conditions to a projection lens. It is the interferometer IFY1 of another side in a monitor or the condition of controlling, about the location of the wafer stage WST. It becomes that by which the error of $L_f - L_e = L_y$ ($\Delta \theta_{af} + \Delta \theta_{ar}$) was included in measured value L_f with the natural thing, and is an interferometer IFY1. Measured value L_f is not incorporable into the amount measurement of base lines as true value as it is. Or it is an interferometer IFY1 as it is about control of the wafer stage WST. It is also immovable to the basis of the control to depend.

[0103] Then, interferometer IFY1 in the time of positioning an orientation plate FP and carrying out the servo lock of the wafer stage WST at the time of base-line measurement, Measured value L_f and interferometer IFY2. Interferometer IFY1 after memorizing a difference with measured value L_e as ΔL_{yw} [L_y ($\Delta \theta_{af} + \Delta \theta_{ar}$)] An internal counter is changed into measured value L_e from measured value L_f (presetting). Interferometer IFY2 which will be used for positioning of the wafer

stage WST in future control at the time of exposure if it does in this way Interferometer IFY1 using the based control to the time of off-axis alignment Even if it changes to the based control, trouble is not produced at all.

[0104] The situation at this time is exaggerated and shown in drawing 19 . In drawing 19 , only error θ_{taf} is rotating the line LX which connects two reference mark FM2A and FM2Bs to the line Lrc parallel to the reflector of the migration mirror IMy. if alignment of the reticle R is carried out -- reticle mark RM 1 reference mark FM2A -- receiving -- ΔO_{y1} only -- offsetting -- being located -- reticle mark RM 2 reference mark FM2B -- receiving -- ΔO_{y2} only -- since it is offset and located -- after all -- reticle marks [RM / RM and / 2] 1 The segment to connect becomes Line Lrc and parallel. Since it determined that Line Lrc passed along the reticle core CC by drawing 19 , the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 and Core CC are located on Line Lrc.

[0105] Now, although two interferometers IFY1 and IFY2 were translations by which presetting is carried out to the same counted value L_e , as it was shown in drawing 19 in this condition, they are two interferometers IFY1 after presetting, and IFY2. Criteria are datum-line Lir'. It changes. When, as for Line Lir, the wafer stage WST comes to a home position in drawing 19 , they are an interferometer IFY1 and IFY2. The criteria in the condition of having preset to the same value are shown. namely, an interferometer IFY1 and IFY2 These imagination datum lines Lir or Lir' from -- you may think that the distance to the migration mirror IMy is measured. Therefore, it sets immediately after presetting and is datum-line Lir', The reflector of the migration mirror IMy and each of Line Lrc become parallel mutually. Incidentally, they are two interferometers IFY1 and IFY2 after presetting. When searching for yawing of the wafer stage WST from the difference of a measurement value, it means that the criteria of the amount of yawing were changed into line Lir' of drawing 19 . That is, a line parallel to the reflector of the migration mirror IMy when positioning an orientation plate FP directly under the projection lens PL and an off-axis alignment system at the time of base-line measurement serves as criteria of the amount measurement of yawing after it.

[0106] Furthermore by base-line measurement, it is asked for the amount of location gaps of reference mark FM1 and the index mark TM (ΔX_F , ΔY_F) to show drawing 17 by the off-axis alignment system. In drawing 19 , Of is the detection central point specified by the index mark TM of an off-axis alignment system. Although the here true amount of base lines is decided by physical relationship of the central point CC of Reticle R, and the detection central point Of Constant value ΔX_{fa} (distance of FM1 and FM2A) and constant value ΔX_{fb} (distance of FM1 and FM2B) which showed the amount of base lines of the direction of X to previous drawing 17 when installation error θ_{taf} of an orientation plate FP considered as the very small thing, It is decided by amount of gaps ΔX_F detected by the amount of gaps of the direction of X of the central point CC at the time of reticle alignment, and the off-axis alignment system.

[0107] That is, if distance on the line LX to the middle point of the direction of X, two 2Bs, reference mark FM2A and FM2B, and the central point of reference mark FM1 is set to LF, LF will be calculated by $LF = (\Delta X_{fa} + \Delta X_{fb}) / 2$ like a previous formula (8). moreover, amount of gaps ΔX_{cc} [as opposed to / remain at the time of reticle alignment and / the middle point of the reference mark LM2 of the central point CC] of the direction of X -- actual measurement ΔX_{R1} in drawing 17 , and ΔX_{R2} from -- it asks by $\Delta X_{cc} = (\Delta X_{R1} - \Delta X_{R2}) / 2$ like a previous formula (9).

[0108] Therefore, the true amount BLO_x of base lines of the direction of X can be found in $BLO_x = LF - \Delta X_{cc} - \Delta X_F$ like a previous formula (10). On the other hand, about the amount BLO_y of base lines of the direction of Y, since the sign error (the amount of gaps of the direction of Y) resulting from installation error θ_{taf} arises, precision is not guaranteed with the formula (13) explained previously.

[0109] With reference to drawing 19 , it thinks again here. They are two interferometers IFY1 and IFY2 first. If it is after presetting is carried out, it will be convenient even if it carries out position control of the wafer stage using which interferometer. for example, the condition which positioned the specifying point on a wafer directly under the central point CC of Reticle R to interferometer IFY1 a measurement value is not changed -- as -- the wafer stage WST -- the direction of X -- distance LF -- (-- supposing only $LF - \Delta X_{cc}$) makes it move strictly, the specifying point on a wafer will be located in the point Pc in drawing 19 . Therefore, the true amount BLO_y of base lines of the direction of Y which should be managed is spacing of the direction of Y of the detection central point Of of an off-axis alignment system, and Point Pc.

[0110] Since installation error θ_{taf} of an orientation plate FP is called for, amount of gaps ΔT_{fc} of the direction of Y of Point Pc and reference mark FM1 is the basis of the conditions [f / θ_{taf}] of being

small enough. $\Delta Y_{fc} \cdot (L_F - \Delta X_{cc}) - \theta_{taf} \cdot (20)$

It asks by carrying out. Therefore, a previous formula (13) is changed and the amount ΔL_O of base lines of the direction in consideration of anchoring error θ_{taf} of Y becomes like a degree type.

[0111]

$\Delta L_O = \Delta Y_{cc} - \Delta Y_{f2} - \Delta Y_{fc} - \Delta Y_F \cdot (21)$

In addition, ΔY_{cc} and ΔY_{f2} It asks from a previous formula (11) and (12), respectively. They are two interferometers IFY1 and IFY2 as mentioned above. While presetting to the value same at the time of the base-line measurement by the orientation plate FP Adding amendment to the operation of the amount of Δ -surra in according to installation error θ_{taf} , and by performing alignment of Reticule R to the reference mark on the orientation plate FP in a base-line measurement condition all error factors will be offset, and rather than the conventional base-line measurement, it is markedly alike and becomes highly precise.

[0112] In addition, it is an interferometer IFY1 about the halt location of the wafer stage WST in the case of base-line measurement actuation. Also when reading, the amount of [by fluctuation] error reduces an experiment top from 0.03 micrometers to about 0.012 micrometers by sampling the measurement value of an internal counter about dozens times, and equalizing them in about 1 second. Moreover, although positioning of the wafer stage WST is controlled by the interferometer IFY1 and IFX when detecting the alignment marks WMx and WMy of Wafer W etc. by the off-axis alignment system OWA like drawing 18, yawing may occur on the wafer stage WST in that case. However, yawing generating at this time is two interferometers IFY1 and IFY2. After presetting, a final alignment precision (superposition precision of a reticle and the shot on a wafer) is not affected.

[0113] Drawing 20 is two interferometers IFY1 explained by drawing 19, and IFY2. Although an example which realizes mutual presetting shall be shown and it shall realize on hardware here, the same function is realizable by the view completely same as the count on software. Setting to drawing 20, an updown counter (UDC) 200 is an interferometer IFY1. It is an internal counter and reversible counting of the up pulse UP1 and down pulse DP 1 which are generated with migration of the direction of Y of the wafer stage WST is carried out. An updown counter (UDC) 202 is an interferometer IFY2. It is an internal counter and reversible counting of an up pulse UP2 and the down pulse DP 2 is carried out similarly. Each counted value of UDC 200 and 202 is the Y coordinate value DY1 of 24 bits of juxtaposition, and DY2. It carries out and is outputted to the main control system 114. Latch circuit (LT) 204 and 206 are counted value DY1 and DY2, respectively. While inputting, they are latch pulse S1 a from the main control system 114, and S1 b. When popularity is won, they are the counted value DY1 and DY2. It continues holding. The output value of LT204 is impressed as a preset value of UDC202 here, and the output value of LT206 is impressed as a preset value of UDC200. UDC 200 and 202 is load pulse S1 b from the main control system 114, and S2 b, respectively. It answers and is set to a preset value.

[0114] As stated previously, it is an interferometer IFY2. It is an interferometer IFY1 about measured value L_e (DY2). It is [as opposed to / when presetting / LT206] latch pulse S2 a. It is outputted and is predetermined time (μ Sec order). It is behind and is load BARUSU S1 b to UDC200. It is outputted. Of course, in the case of the circuit of drawing 20, it is possible also for reverse presetting, and it is an interferometer IFY1. It is an interferometer IFY2 about measured value L_f (DY1). It can also preset. In addition, since it is relative, the coordinate measurement using an interferometer is an interferometer IFY1 and IFY2. Instead of presetting, UDC 200 and 202 may be reset with measured value L_e and L_f to zero reset or coincidence at unrelated constant value at coincidence.

[0115] By the way, although it is carried out after precise reticle alignment is completed as actuation of the base-line measurement illustrated above was shown in drawing 14 and drawing 15, it may be made to perform base-line measurement in the phase which carried out alignment of the reticle rough. For example, they are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 by step 504 in drawing 14, or 506. Alignment of the reticle is rough carried out by the SRA method or the IFS method until it comes to a location detectable [with the TTR alignment systems 1A and 1B]. Then, step 508 in drawing 14 and step 522 in drawing 15 are performed to coincidence. the amount of location gaps of reference mark FM2A and the reticle mark RM 1 (ΔX_{R1} --) ΔY_{R1} , and reference mark FM2B and the reticle mark RM 2 The amount of location gaps (ΔX_{R2} and ΔY_{R2}) and the amount of location gaps of reference mark FM1 and the index mark of an off-axis alignment system (ΔX_F , ΔY_F) are calculated.

[0116] Although the servo lock of the orientation plate FP is carried out in interferometer mode or LIA mode at this time, in consideration of jogging of the wafer stage WST, the amount detection of location

gaps by each of TTR alignment system off-axis alignment is performed repeatedly several times, and calculates that average. The error amount generated at random decreases by this equalization. In this way, when each amount of location gaps can be found, the relative-position relation between the projecting point of the core CC of Reticle R (or the marks [RM / RM and / 2] 1) and the detection central point of the off-axis alignment system OWA understands the rest by count. Furthermore, the location (rough alignment location) of the reticle stage RST in this condition is read in the measurement value of Interferometers IRX and IRY and IRtheta, and is memorized. Also about this reading, equalizing is desirable.

[0117] and the amount of location gaps (deltaXR1 and deltaYR1) (deltaXR2 --) measured previously, It is based on deltaYR2, (delta XF, delta YF), and the constant value set up beforehand. It should be generated when the detection central point of the off-axis alignment system OWA is in agreement with the core of reference mark FM1 (deltaXF=0, deltaYF=0). The amount of location gaps (X, Y, the direction of theta) of the projecting point of the core CC of a reticle and the central point (2 grade equinoctial point between mark FM2A and FM2B) of reference mark FM2 is computed. Then, only this amount of location gaps makes reliance move Interferometers IRX and IRY and IRtheta slightly from the rough alignment location which memorized the reticle stage RST. In this way, alignment of the reticle R is carried out to a precision to the detection core of the off-axis alignment system OWA, and the main control system 114 continues the sequence from step 524 of drawing 15 henceforth.

[0118] When there is a sensor (an interferometer or alignment system) which crosses the location variation of a reticle stage RST (namely, the reticle R) to the comparatively long range (for example, **several mm), and can measure it with high precision as above, while memorizing a rough alignment location, each criteria mark detection for base-line measurement can be operated, fine alignment of the reticle R can be carried out after that, and a throughput can be raised rather than drawing 14 and the sequence of 15.

[0119] In the example of this invention, although the TTL alignment system of a LIA method was used as an object for the servo lock of an orientation plate FP, it is necessary also about the TTL alignment system of this LIA method itself to perform base-line management between the cores CC of Reticle R. If the TTL alignment system of a LIA method shall be used in case the mark on Wafer W is detected Reticle marks [RM / RM and / 2] 1 detected by the TTR alignment systems 1A and 1B When each of reference mark FM2A and FM2B agrees in a precision What is necessary is just to memorize each phase error deltaphix and deltaphiy of the marks LIMx and LIMy detected by the TTL alignment systems 3X and 3Y of a LIA method as the phase present of a base-line error amount to the core CC of Reticle R.

[0120] Next, the modification of this example is described. Although reticle alignment was completely attained using the TTR alignment systems 1A and 1B at previous drawing 14 and steps 508-512 in the sequence stated by 15, the actuation can be omitted to some extent. As shown also in drawing 2, with the equipment of this example Since it is acting as the sequential monitor of the location gap of X of Reticle R, Y, and the direction of theta by Interferometers IRX and IRY and IRtheta, By search actuation of the IFS method of step 504, the reticle mark RM 1 RM2 When the interferometer by the side of a wafer stage detects each projecting point coordinate The amount of gaps from the arrangement on the design of X of Reticle R, Y, and the direction of theta may be calculated by the operation, and reliance may be made to move a reticle stage RST slightly for the interferometer by the side of a reticle based on the coordinate value, so that the amount of gaps may be amended. in this case, the interferometers IRX and IRY by the side of a reticle and measurement of IRtheta -- resolving power will be performed very correctly [it is high enough (for example, 0.005 micrometers), then / positioning of Reticle R].

[0121] Moreover, although the off-axis alignment system OWA used by this example was a quiescence mold alignment method which performs mark detection after the wafer stage WST has stood it still, the same effectiveness is acquired even if it makes it the scanning alignment method which performs mark detection like the TTL alignment system of a LSA method, or 1FS method because the wafer stage WST moves. For example, when it is made the method which makes the spot of a laser beam the shape of a slit, projects the off-axis alignment system OWA to Wafer W, and detects the mark on a wafer by the scan of Stage WST and the wafer stage WST is moved so that reference mark FM1 on an orientation plate FP may cross the beam spot, the luminescence marks IFS are the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 to coincidence. What is necessary is just to define arrangement of each mark on an orientation plate FP so that it may scan.

[0122] If a LIA method is furthermore built into the off-axis alignment system OWA and reference mark FM1 on an orientation plate FP is used as the same diffraction grating as Marks LIMx and LIMy,

reference mark FM1 detected by the off-axis alignment system OWA can carry out the servo lock of the wafer stage WST based on the detection result of a phase contrast measurement circuit so that alignment may always be carried out to the reference grid for LIA in an off-axis alignment system. In this case, it is in the condition of having made the detection core of the off-axis alignment system OWA agreeing at the core of reference mark FM1 at a precision, and they are reference mark FM2A, FM2B, and the reticle marks [RM / RM and / 2] 1 by the TTR alignment systems 1A and 1B. Each amount of location gaps is only calculated, and the amount of base lines can be computed.

[0123] Moreover, both the mark image on a wafer or an orientation plate FP and the image of the index mark prepared in the optical path of a TTL alignment system may be picturized using CCD camera 4 as a TTL alignment system, and the method which performs location detection of a mark may be used by detecting the amount of location gaps. In the case of this method, they are a projecting point by the side of the wafer of the central point (detection central point) of the index mark in the optical path of a TTL alignment system, and the reticle marks [RM / RM and / 2] 1. What is necessary is just to manage the amount of base lines between main (or the core CC of a reticle) projecting points.

[0124] By the way, although the IFS method shown in this example was chiefly explained as a stage scan, i.e., a scanning alignment method, it can also be made into a quiescence mold alignment method. For that purpose, the luminescence mark IFS on an orientation plate FP is changed into the luminescence side of the shape of the shape of a slit to a rectangle. The luminescence side of the shape of a sufficiently bigger rectangle directly under double slit RM1 y (or RM1 x) of a reticle mark than the width of face of a double slit shown in drawing 6 is positioned. If the part of mark RM1 y (or RM1 x) is picturized with a CCD camera etc. using a TTR alignment system etc. from the upper part of Reticle R, the wave shown by drawing 16 (B) can acquire a picture signal with an equivalent wave. Under the present circumstances, when there is no mark used as an index into a TTR alignment system, the amount of gaps of double slit mark RM1 y (or RM1 x) can also be calculated on the basis of the specific pixel location of a CCD camera. Moreover, by this method, the projecting point of the core of the reticle mark RM 1 (or RM2) is computed based on that amount of gaps, and the coordinate value of the wafer stage WST when positioning a rectangle-like luminescence side. In addition, as shown in drawing 21, the slit pattern SSP of the protection-from-light nature for measuring the amount of gaps with double slit mark RM1 y (RM1 x) is formed in a part of rectangle-like luminescence side PIF, the luminescence side PIF is picturized with the CCD camera of a TTR alignment system, and it is double slit mark RM1 y. The amount of location gaps of the dark line to depend and the dark line by the slit pattern SSP may be calculated.

[0125] Drawing 22 shows the modification of arrangement of the orientation plate FP on the wafer stage WST, and arrangement of an off-axis alignment system, and the location of objective lens 4B of an off-axis alignment system is coming to the bottom of the projection lens PL within the space in this drawing. This location is the transverse-plane side of the body of equipment, and hits in the direction of loading of a wafer. The interferometers IFY and IFX1 of location measurement of the wafer stage WST among the signs in drawing 22, and IFX2 It removes and others are the same as the thing of drawing 3. Since the segment which connects the optical-axis location of the projection lens PL and the detection core (almost optical-axis location of objective lens 4B) of the off-axis alignment system OWA becomes a Y-axis and parallel in the case of drawing 22, the interferometer IFY of the direction of Y is made into one, and they are the interferometer IFX1 of the direction of X, and IFX2. It carried out to two. According to this, each mark arrangement on an orientation plate FP is changed, and the Y-axis is set as the segment which connects each central point of reference mark FM1 and reference mark FM2 to parallel.

[0126] It is the interferometer IFX1 with which it is satisfied of ABBE conditions when are shown in this drawing 22 and the off-axis alignment system OWA detects the mark on a wafer, or reference mark FM1 grade. An interferometer IFX2 and 1FY are used for wafer stage positioning at the time of exposure using IFY. That is, when the off-axis alignment system OWA performs mark detection, it is an interferometer IFX1. The position-coordinate value of the direction of X measured is an interferometer IFX2. It is matched with the position-coordinate value measured. This matching is an interferometer IFY1 and IFY2, as drawing 19 explained. It is carried out completely like the mutual presetting of a between.

[0127] Although the aligner explained in the above example was a stepper who exposes the projection image of pattern space PA on Reticle R on Wafer W by the step-and-repeat method, this invention can apply a reticle and a wafer in the direction perpendicular to the optical axis of projection optics similarly

in the aligner of the step scanning method scanned to coincidence. Moreover, the same alignment system as an X-ray aligner, an X-ray stepper, etc. using X line sources, such as SOR, is applicable.

[0128]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since base-line measurement is performed according to this invention, without being influenced by the various precision of a substrate stage, the improvement in precision of base-line measurement is expectable. Moreover, the effectiveness that move a stage in order to check that alignment of a reticle (mask) and base-line measurement can be mostly performed to coincidence and the rotation error (error of the direction of theta) of a mask, or total processing speed improves from it not being necessary to move a stage for base-line measurement etc. is also acquired.

[0129] Furthermore, since reticle alignment and base-line measurement are almost possible to coincidence, though the sequence which performs base-line measurement for every wafer exchange is constructed according to this invention, a throughput is not worsened, and the long-term drift of the base line, the location drift of the reticle electrode holder by the exposure of the exposure light to a reticle, etc. can be checked and amended at a high speed.

[0130] Moreover, since according to the example the mark on an orientation plate is detected by the off-axis alignment system (the 1st mark detection means) and base-line measurement is carried out where the servo lock of the location of an orientation plate is carried out using a TTL alignment system or a TTR alignment system (the 2nd mark detection means), the measurement error produced without using the interferometer for location measurement of a substrate stage under the effect by the air fluctuation of the optical path of an interferometer (refractive-index fluctuation) like before can be reduced.

[Translation done.]

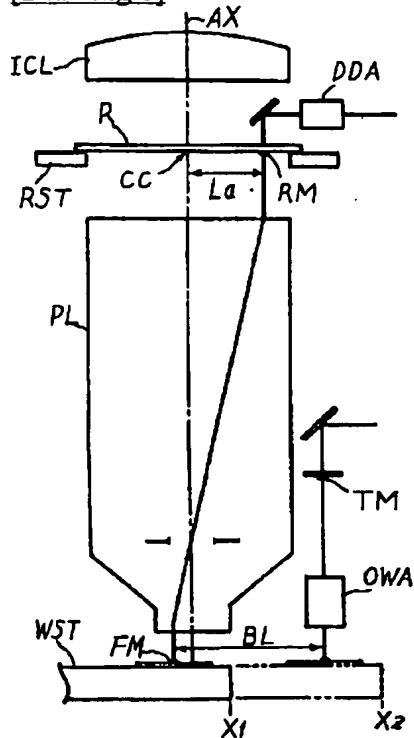
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

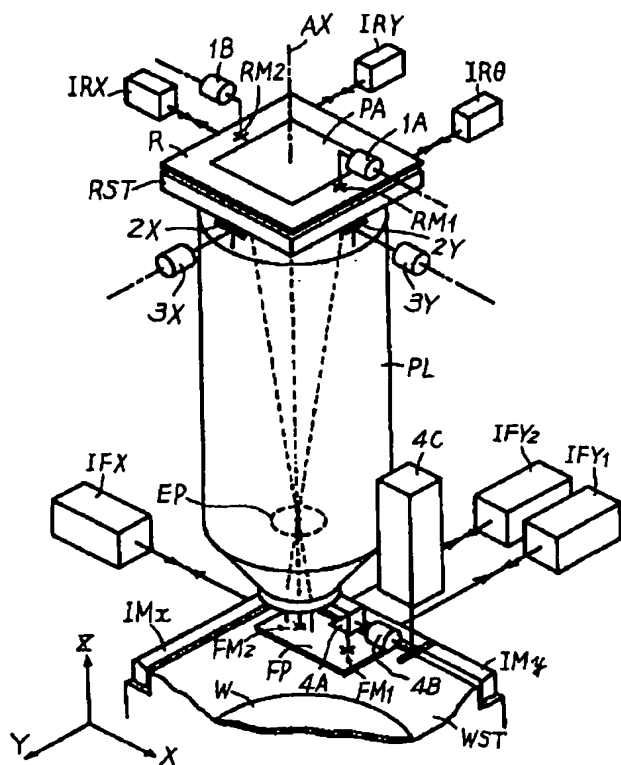
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

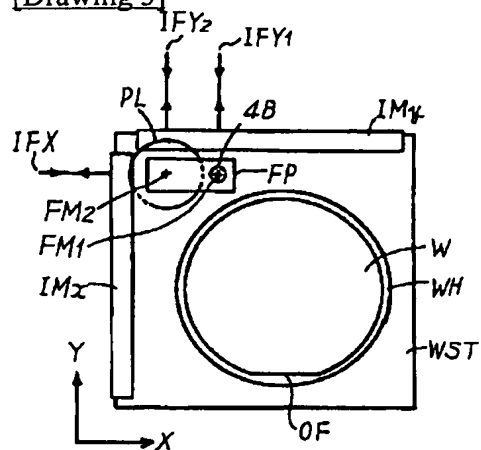
[Drawing 1]



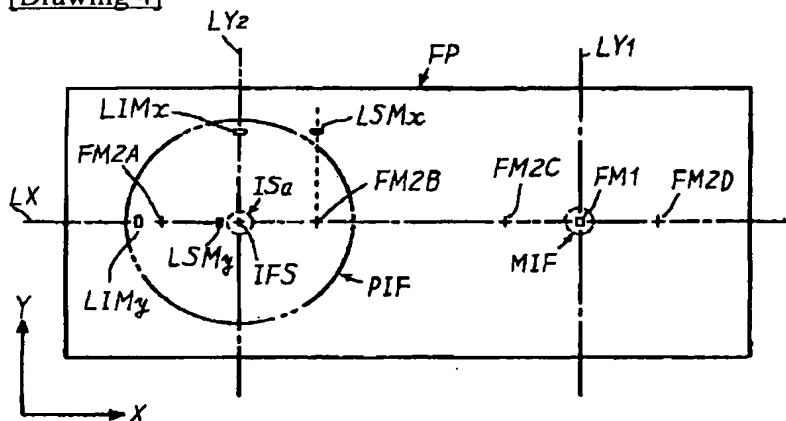
[Drawing 2]



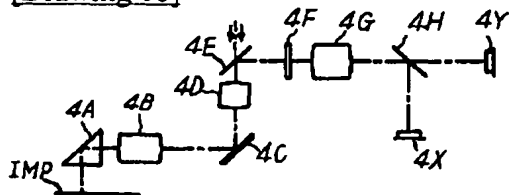
[Drawing 3]



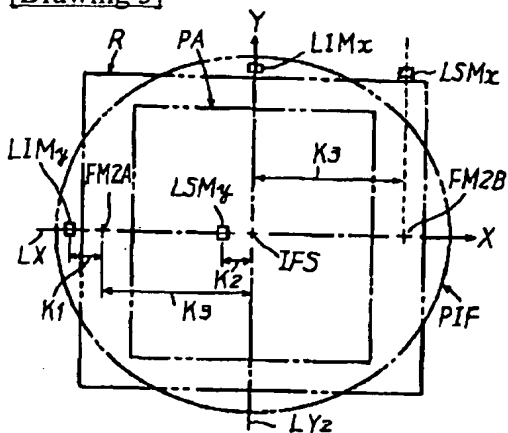
[Drawing 4]



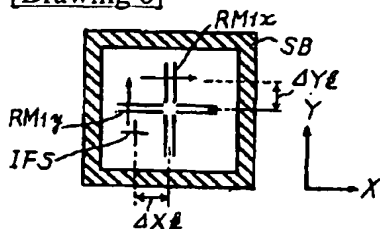
[Drawing 10]



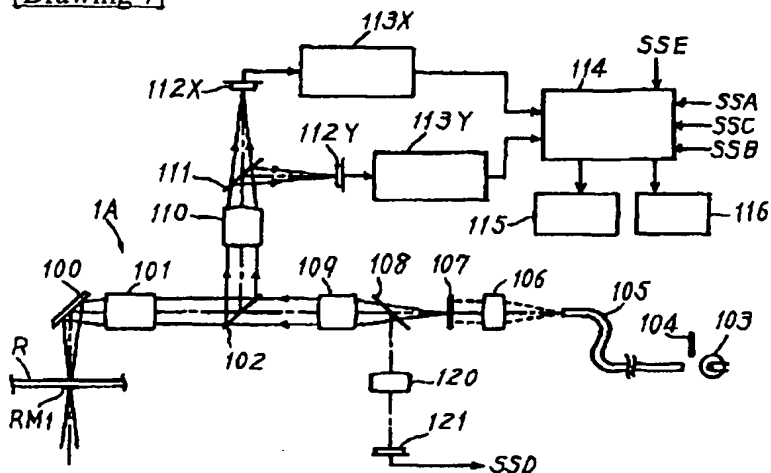
[Drawing 5]



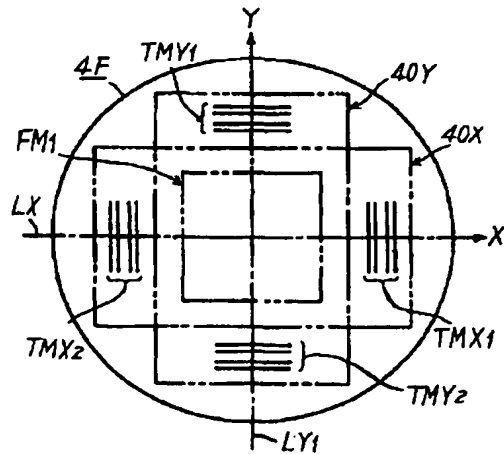
[Drawing 6]



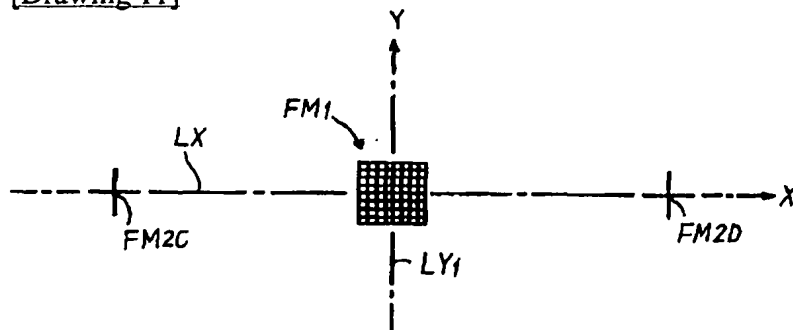
[Drawing 7]



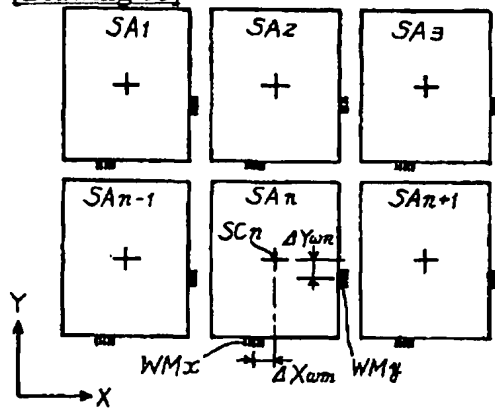
[Drawing 9]



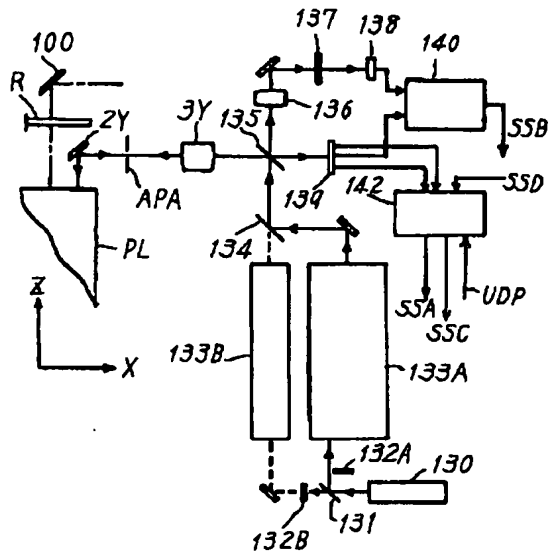
[Drawing 11]



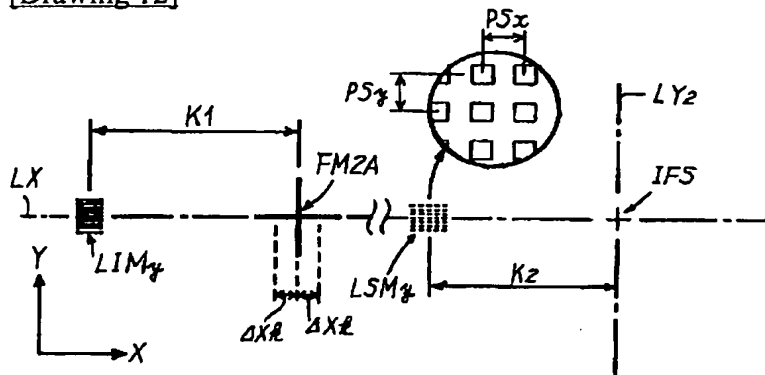
[Drawing 18]



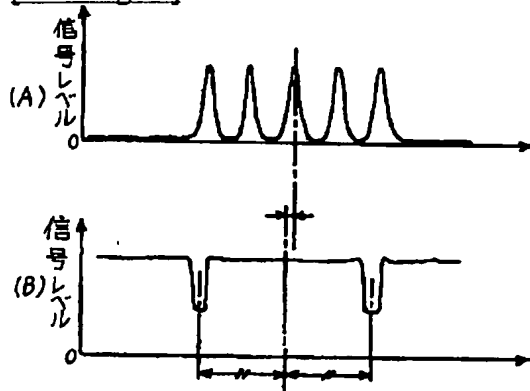
[Drawing 8]



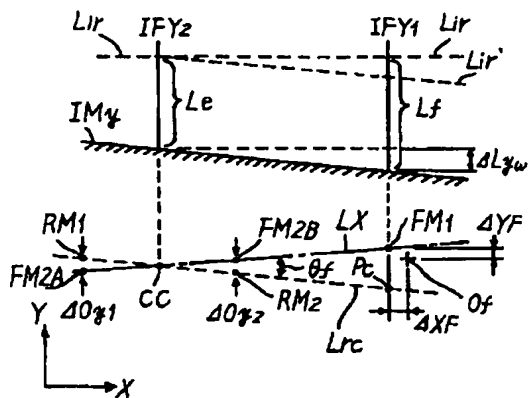
[Drawing 12]



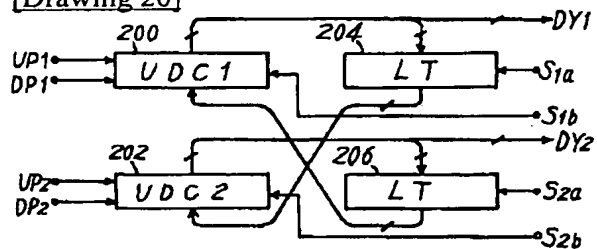
[Drawing 16]



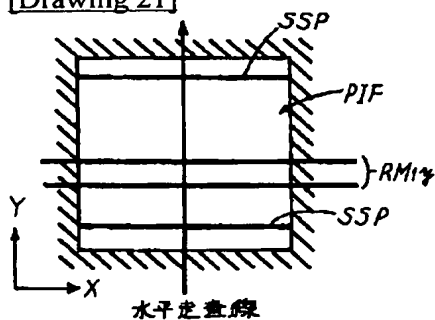
[Drawing 19]



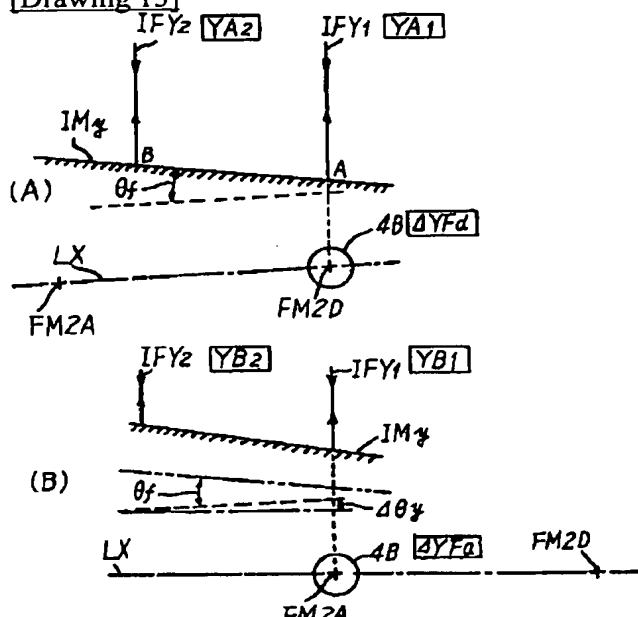
[Drawing 20]



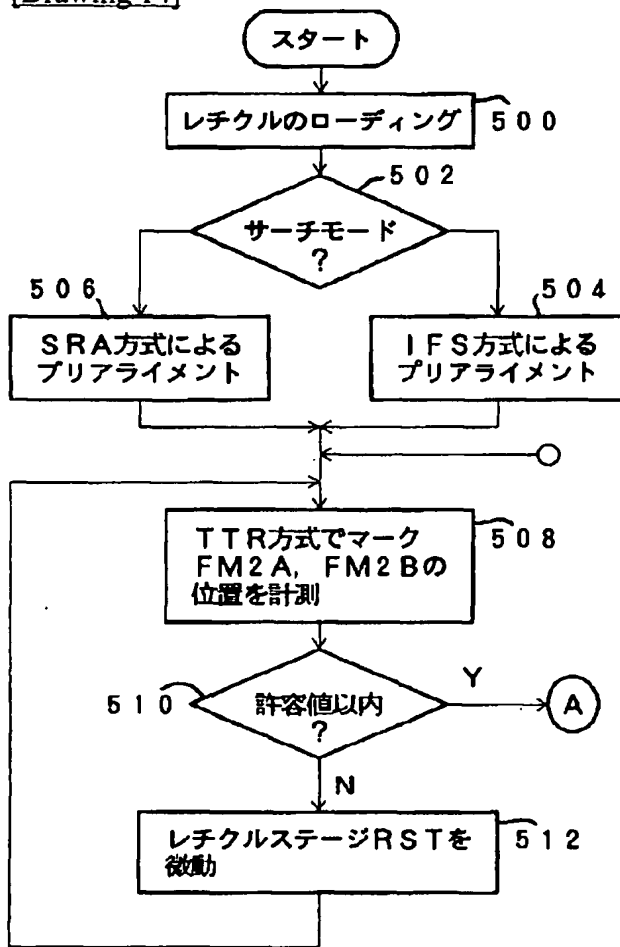
[Drawing 21]



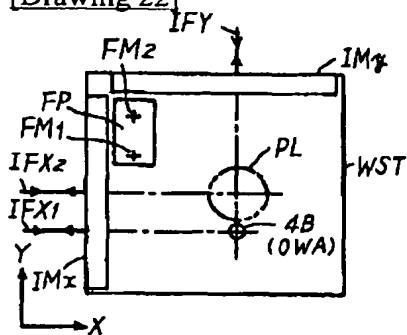
[Drawing 13]



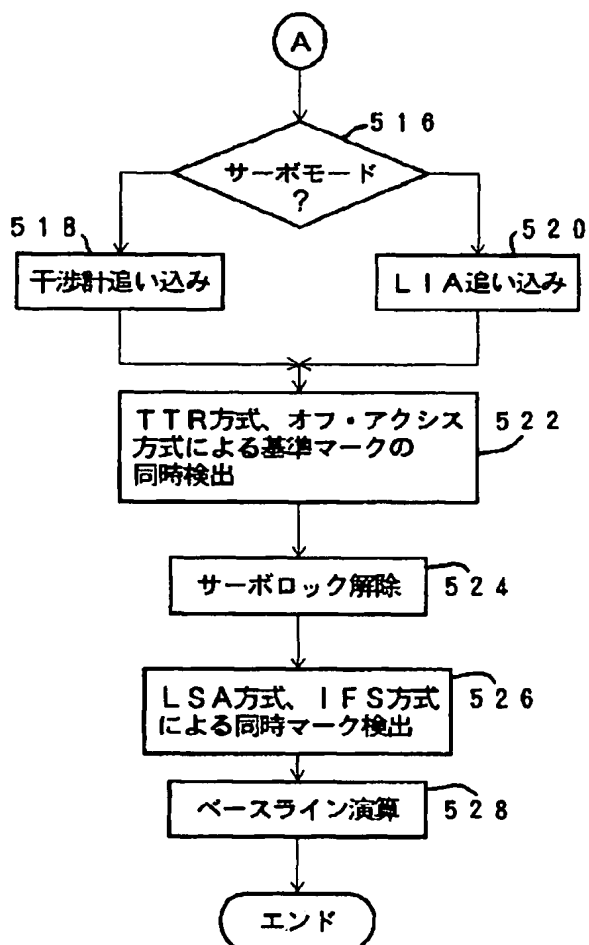
[Drawing 14]



[Drawing 22]



[Drawing 15]



[Drawing 17]

実測値		定数値	
TTR-A	X: $\Delta X R_1$	$FM_1 \leftrightarrow FM2A$	X: $\Delta X f a$
	Y: $\Delta Y R_1$		Y: $\Delta Y f a$
TTR-B	X: $\Delta X R_2$	$FM_1 \leftrightarrow FM2B$	X: $\Delta X f b$
	Y: $\Delta Y R_2$		Y: $\Delta Y f b$
LSA	X: XLs		
	Y: YLs		
OWA	X: ΔXF		
	Y: ΔYF		
IFS	X: $\Delta X I f$		
	Y: $\Delta Y I f$		

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-21314

(43)公開日 平成5年(1993)1月29日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 1 B 11/00	G	7625-2F		
G 0 3 F 9/00	H	7818-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数2(全 26 頁)

(21)出願番号 特願平3-169781

(22)出願日 平成3年(1991)7月10日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 西 健爾

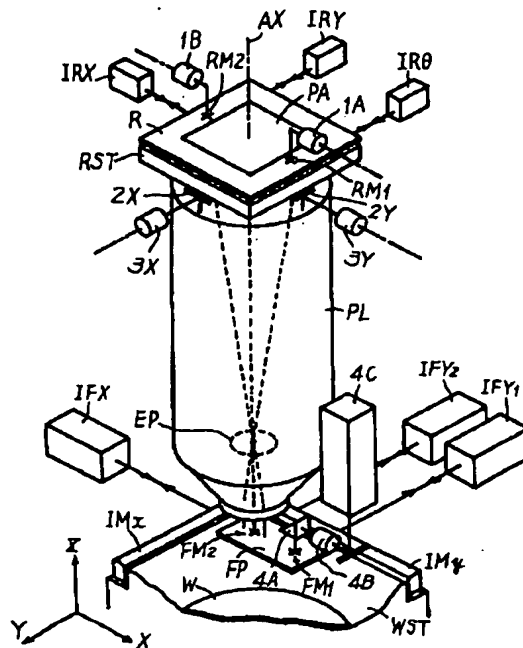
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式
会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 オフアクシスアライメント系を備えた投影露光装置のベースライン管理を高精度に行なう。

【構成】 ウェハステージ上の基準板に、レチクルマークとアライメントされる基準マークF M₂と、オフアクシス系によってアライメントされる基準マークF M₁とを設け、2つの基準マークF M₁、F M₂を、ステージ静止状態でほぼ同時に計測する。さらにそのときのステージ位置で、露光時に使う干渉計とオフアクシスアライメント時に使う干渉計とを同一測定値にプリセットする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクを保持するマスクステージと、該マスクのパターンを投影する投影系と、該投影系の結像面内に感光基板を保持して2次元移動する基板ステージと、前記投影系の光軸から一定間隔だけ離れた位置に検出中心点を有し、前記感光基板上のマークを検出するアライメント系と、前記基板ステージの座標位置を測定するために、前記アライメント系の検出中心点で直交する2本の測定軸を備えた1対の第1干渉計と、前記投影系の光軸位置で直交する2本の測定軸を備えた1対の第2干渉計とを有し、前記投影系によって投影され得る前記マスク上の特定点の座標と前記アライメント系の検出中心点の座標との相対位置関係を計測してベースライン量を求めた後、前記アライメント系によって前記感光基板をアライメントし、該アライメント結果と前記ベースライン量に基づいて前記基板ステージを移動させて前記感光基板を前記投影系による露光位置に位置決めする装置において、前記基板ステージ上に固定されるとともに、前記アライメント系によって検出され得る第1基準マークと、該第1基準マークを前記検出中心点に位置付けたとき前記マスクの特定点と一義的な位置関係に設定され得る第2基準マークとが形成された基準板と；該基準板上の第1基準マークと第2基準マークとの配置を基準として前記ベースライン量を計測する際に位置決めされる前記基板ステージの停止位置で、前記第1干渉計の測定値と前記第2干渉計の測定値とがいずれか一方の測定値に等しくなるように設定する設定手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 マスクのパターンを感光基板へ結像投影する投影系と、前記感光基板を保持して2次元移動する基板ステージと、前記感光基板上のマークを検出するために、前記投影系の投影視野領域の外側の所定位置に検出中心点を設定された第1のマーク検出手段と、前記投影視野領域の内側の所定位置で前記マスク上のマーク、もしくは前記投影系の投影像面内に位置する物体上のパターンを検出するための第2のマーク検出手段と、前記基板ステージの座標位置を測定するために、前記第1のマーク検出手段の検出中心点で直交する2本の測定軸を備えた1組の第1干渉計と、前記投影系の光軸位置で直交する2本の測定軸を備えた1組の第2干渉計とを備えた投影露光装置において、前記基板ステージ上に設けられ、前記投影系による前記マスクのマークの投影点と前記第1のマーク検出手段の検出中心点との設計上の配置関係に対応した位置に第1基準マークと第2基準マークとが形成された基準板と；ベースライン計測のために、前記第1基準マークが前記第1のマーク検出手段の検出中心点近傍に位置し、かつ前記第2基準マークが前記マスクのマークの投影点近傍に位置するように前記基板ステージを位置決めする制御

手段と；該位置決めが行なわれたとき、前記第1干渉計によって測定されるステージの現在位置と前記第2干渉計によって測定されるステージの現在位置とが同一位置として認定されるように、前記第1干渉計と第2干渉計の少なくとも一方による座標測定値を補正する補正手段とを設けたことを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体ウェハや液晶用ガラスプレート等の基板に塗布された感光層を露光する投影露光装置に関し、特にオフ・アクシス方式のアライメント系のベースラインを高精度に管理する機能を備えた投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、オフ・アクシス・アライメント系を備えた投影露光装置（以下、便宜上ステッパーと呼ぶ）では、特開昭53-56975号公報、特開昭56-134737号公報等に開示されているように、感光基板（以下、ウェハとする）を保持してステップ・アンド・リピート方式で2次元移動するウェハステージ上に、基準となるマーク板を固設し、この基準マーク板を使ってオフ・アクシス・アライメント系と投影光学系との間の距離、所謂、ベースライン量を管理していた。図1は上記各公報に開示されたベースライン計測の原理を模式的に表した図である。図1において、主コンデンサーレンズICLは、露光時にレチクル（マスク）Rを均一に照明するものである。レチクルRはレチクルステージRSTに保持され、このレチクルステージRSTはレチクルRの中心CCを投影レンズPLの光軸AXと合致させるように移動される。一方、ウェハステージWST上には、ウェハ表面に形成されたアライメントマークと同等の基準マークFMが付設され、この基準マークFMが投影レンズPLの投影視野内の所定位置にくるようにステージWSTを位置決めすると、レチクルRの上方に設けられたTTL（スルーザレンズ）方式のアライメント系DDAによって、レチクルRのマークRMと基準マークFMとが同時に検出される。マークRMとレチクルRの中心CCとの距離Laは設計上予め定まった値であり、投影レンズPLの像面側（ウェハ側）におけるマークRMの投影点と中心CCの投影点との距離は、 La/M となる。ここでMは、ウェハ側からレチクル側を見たときの投影レンズPLの倍率であり、1/5縮小投影レンズの場合は $M=5$ である。

【0003】 また投影レンズPLの外側（投影視野外）には、オフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系OWAが固設される。ウェハ・アライメント系OWAの光軸は、投影像面側では投影レンズPLの光軸AXと平行である。そしてウェハ・アライメント系OWAの内部には、ウェハ上のマーク、又は基準マークFMをアライメントする際の基準となる視標マークTMがガラス板に設

けられ、投影像面（ウェハ表面、又は基準マークFMの面）とほぼ共役に配置される。

【0004】さて、ベースライン量BLは、図1に示すようにレチクルマークRMと基準マークFMとがアライメントされたときのステージWSTの位置 X_1 と、指標マークTMと基準マークFMとがアライメントされたときのステージWSTの位置 X_2 とをレーザ干渉計等で計測し、その差($X_1 - X_2$)を計算することで求められる。このベースライン量BLは、後でウェハ上のマークをウェハ・アライメント系OWAでアライメントして投影レンズPLの直下に送り込むときの基準量となるものである。すなわちウェハ上の1ショットの（被露光領域）の中心とウェハ上のマークとの間隔をXP、ウェハマークが指標マークTMと合致したときのウェハステージWSTの位置を X_3 とすると、ショット中心とレチクル中心CCとを合致させるためには、ウェハステージWSTを次式の位置に移動させればよい。

【0005】

$X_3 - BL - XP$ 又は $X_3 - BL + XP$

尚、この計算式は原理的に一次元方向のみを表わしているだけで、実際には2次元で考える必要があり、さらにTTLアライメント系DDA（すなわちマークRM）の配置、ウェハ・アライメント系OWAの配置等によっても計算方法が異なる。

【0006】いずれにしろ、オフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系OWAを用いてウェハ上のマーク位置を検出した後、一定量だけウェハステージWSTを送り込むだけで、ただちにレチクルRのパターンをウェハ上のショット領域に正確に重ね合わせて露光することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の技術では、オフ・アクシス方式のアライメント系OWAの検出中心点（指標マークTMの中心）と、レチクルRのマークRMの投影レンズPLによる投影点との位置関係（ベースライン量BL）を計測する際、その相対距離は、ウェハステージWSTを移動させてレーザ干渉計で求めている。このため、ウェハステージWSTの走り精度、レーザ干渉計のレーザビーム光路の空気ゆらぎ等の必然的に避けられない要因によって、ベースライン計測の精度向上には自ずと限界が生じていた。また基準マークFMを、TTLアライメント系DDAの検出領域内に位置決めするためのウェハステージWSTの移動と、基準マークFMをオフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点に位置決めするためのウェハステージWSTの移動とが必要であり、ベースライン計測処理の速度を高めることにも自ずと限界があった。

【0008】さらに従来のステッパーでは、ウェハステージWSTの位置計測用のレーザ干渉計の測長軸（ビーム光軸）の延長線は、X方向、Y方向とも投影レンズの

光軸と交差するように設定されているに過ぎず、オフ・アクシス・アライメント系OWAで各種マークを検出する場合、アッペ誤差（サイン誤差）が零になるようなマーク検出方向を常に実現することが難しいと言うこともある。そのため、投影レンズの光軸に対してアッペ誤差が零となるようなレーザ干渉計の組と、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点に対してアッペ誤差が零となるようなレーザ干渉計の組とを設けることも考えられる。この場合、2組のレーザ干渉計は、オフ・アクシス・アライメント系OWAを使ったウェハアライメント時のステージ位置計測と、投影露光時のステージ位置計測とで切り替えて使うことになるが、その両者の位置計測における値の整合性（統一性）を考慮しないと、当然のことながら、誤差要因となってしまう。

【0009】本発明はこの様な従来の問題点に鑑みてなされたもので、ベースライン計測精度の向上と処理速度の向上を図った投影露光装置を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決する為の手段】本発明では、ウェハステージWST上に、レチクルR上のマークRMと整合する基準マークFM₁と、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点と整合する基準マークFM₂とをいっしょに形成した基準板FPを設ける。そして、ベースライン計測時には、ウェハステージWSTを静止させた状態でレチクルRと基準板FPとの位置ずれ量を求め、同時にオフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点と基準板FPとの位置ずれ量を求めるようにした。

【0011】さらに、オフ・アクシス・アライメント系OWAに対してアッペ誤差を満す1対の干渉計（IFX、IFY₁）と、投影光学系に対してアッペ誤差を満す1対の干渉計（IFX、IFY₂）とを設け、上記ベースライン計測時におけるウェハステージWSTの位置で、上記2組の干渉計による測定値が等しくなるように、内部カウンタを相互にプリセットできるように構成した。

【0012】

【作用】ベースライン計測時に基準板FPを使ってレチクルRの位置を計測する際に、2組の干渉計の測定値が等しくなるようにプリセットすると、同一方向、例えばY方向計測用の2つの干渉計の基準点を結ぶ仮想的な線は、ウェハステージ上のY方向用移動鏡（IMY）の反射面と精密に平行になる。

【0013】従ってプリセットの後であれば、2組の干渉計のいずれかを選択してウェハステージの位置制御にそのまま使っても、何ら誤差が生じないことになる。

【0014】

【実施例】図2は、本発明の実施例による投影露光装置の構成を示す斜視図であり、図1の従来装置と同じ部材には同一の符号をつけてある。図2において、レチクルR上にはウェハ上に露光すべき回路パターン等が形成さ

10

20

30

40

50

れたパターン領域PAとアライメント用のレチクルマークRM₁、RM₂とが設けられている。このレチクルマークRM₁、RM₂は、それぞれTTLアライメント系の対物レンズ1A、1Bを介して光電的に検出される。またレチクルステージRSTは、図2中には不図示のモータ等の駆動系によって2次元(X、Y、θ方向)に移動可能であり、その移動量、又は移動位置は3つのレーザ干渉計IRX、IRY、IRθによって逐次計測される。レチクルステージRSTのZ軸(光軸AXと平行な座標軸)回りの回転量は、干渉計IRYとIRθの計測値の差で求められ、Y軸方向の平行移動量は干渉系IRYとIRθの計測値の加算平均値で求められ、X軸方向の平行移動量は干渉計IRXで求められる。

【0015】本実施例では、投影レンズPLのみを介してウェハW上のマークを検出する第2のTTLアライメント系が、X方向用とY方向用とで分離して設けられている。X方向用の第2のTTLアライメント系は、レチクルステージRSTと投影レンズPLとの間に固定したミラー2Xと対物レンズ3X等で構成され、Y方向用の第2のTTLアライメント系は、同様にして配置されたミラー2Yと対物レンズ3Y等で構成される。

【0016】本実施例では、対物レンズ1A、1Bを含む第1のTTLアライメント系を以降、TTR(スルーレチクル)アライメント系と呼び、対物レンズ3X、3Yを含む第2のTTLアライメント系は単にTTLアライメント系と呼ぶことにする。さて、ウェハWが載置されるウェハステージWSTの2辺上には、レーザ干渉計IFXからのビームを反射する移動鏡IMxと、レーザ干渉計IFY₁、IFY₂の各々からのビームを反射する移動鏡IMyとが固定されている。干渉計IFXからのビームはY方向に伸びた移動鏡IMxの反射面と垂直であり、そのビームの延長線は投影レンズPLの光軸AXの延長線と直交する。干渉計IFY₂からのビームは、X方向に伸びた移動鏡IMyの反射面と垂直であり、そのビームの延長線も光軸AXの延長線と直交する。もう1つの干渉計IFY₁からのビームは、移動鏡IMyの反射面と垂直であり、干渉計IFY₂のビームと平行になっている。

【0017】また、オフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系は、投影レンズPLの下端部の直近に固定された反射プリズム(またはミラー)4Aと対物レンズ4B等で構成される。ウェハ・アライメント系の受光系4Cは内部に共役視標マークTMを含み、プリズム4Aと対物レンズ4Bを介して視標マーク板に結像されたウェハ上のマーク等をCCDカメラで撮像する。本実施例では、プリズム4Aを介してウェハステージWST上に落ちる対物レンズ4Bの光軸と、投影レンズPLの光軸AXとがX方向のみに一定間隔だけ離れ、Y方向については位置差がほとんどないように設定されている。

【0018】さらに対物レンズ4BのウェハステージW

STに落ちる光軸の延長線は、干渉計IFXのビームの延長線と干渉計IFY₁のビームの延長線の各々と直交する。このような干渉計の配置は、詳しくは特開平1-309324号公報に開示されている。ウェハステージWST上には、ベースライン計測のための2つの基準マークFM1、FM2を付設した基準板FPが固定されている。基準板FPは、ウェハステージWST上の2つの移動鏡IMx、IMyで囲まれた角部に配置され、石英板等の低膨張係数の透明材料の表面にクロム等の遮光層を形成し、その一部を基準マークFM1、FM2の形状にエッチングしたものである。基準マークFM1は、オフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系(4A、4B、4C)で検出可能であり、基準マークFM2はTTRアライメント系(1A、1B)、又はTTLアライメント系(2X、3X; 2Y、3Y)によって検出可能である。

【0019】これら基準マークFM1、FM2のX方向の間隔は、サブミクロンの精度で正確に作られているが、残留配置誤差量がある場合は、その値を予め精密に計測して装置定数として求められているものとする。図3は、ウェハステージWST上の各部材の配置を示す平面図で、ウェハWはウェハステージWST上で微小回転可能なウェハホルダWHに載置され、真空吸着される。本実施例では、ウェハWの直線状の切り欠きOFがX軸と平行になるように機械的にブリアライメントされてからウェハホルダWH上に載置される。

【0020】図3に示すように、投影レンズPLの鏡筒下端部の直径の中心(光軸AX)と対物レンズ4Bの視野とは極力接近するように配置される。このように、投影レンズPLと基準板FPとを配置したとき、ウェハWは投影レンズPLの直下の位置から図中、右斜め下へ最も移動しているため、この状態でウェハWのローディング、アンローディングが可能である。この配置は、例えば特開昭63-224326号公報に開示されている。

【0021】図4は、基準板FP上の基準マークFM1、FM2の詳細なマーク配置を示す平面図である。図4において、X軸と平行な直線LXとY軸と平行な直線LYとの交点が基準マークFM₂の中心であり、ベースライン計測時には、その交点が投影レンズPLの光軸AXとほぼ一致する。本実施例では、その交点上に発光型の十字状スリットマークIFSが配置され、露光光と同一波長の照明光が基準板FPの裏側から発光スリットマークIFSを含む局所領域ISaのみを照明する。また直線LX上で発光スリットマークIFSを挟む対称的な2ヶ所には、レチクルマークRM₁、RM₂の夫々の配置に対応した基準マークFM2A、FM2Bが設けられている。このマークFM2A、FM2Bは基準板FP上のクロム層を十字状のスリットでエッチングしたもので、マークFM2AはレチクルマークRM₁とアライメントされ、マークFM2BはレチクルマークRM₂とア

ライメントされる。

【0022】発光スリットマークIFSの中心(交点)を原点とする円形領域PIFは投影レンズPLの投影視野領域であり、本実施例の場合、図2に示したX方向用のTTLアライメント系(2X、3X)によって検出可能なマークLIMxが視野領域PIF内の直線LY₁上に配置され、Y方向用のTTLアライメント系(2Y、3Y)によって検出可能な2つのマークLIMyとLSMyが視野領域PIFの直線LX上に配置される。各マークの詳しい配置関係については、さらに後で述べるが、本実施例では、2つのTTLアライメント系1A、1Bがそれぞれ、レチクルマークRM₁、RM₂と基準マークFM2A、FM2Bとを同時に検出している状態で、X方向用のTTLアライメント系(2X、3X)がマークLIMxを検出し、Y方向用のTTLアライメント系(2Y、3Y)ができるように、各マークFM2A、FM2B、LIMx、LIMyを配置した。

【0023】一方、直線LY₁からX方向に一定距離だけ離れて設定された直線LY₂はY軸と平行であり、この直線LY₁と直線LXの交点上には、オフ・アクシス・アライメント系の対物レンズ4Bの視野MIF内に包含され得る大きさの基準マークFM1が形成される。マークFM1は2次元のアライメントが可能のように、X方向と、Y方向の夫々と平行に設けた複数のラインパターン集合体である。尚、以上の説明から明かなように、基準板FPは、直線LY₁がX-Y平面内で、干渉計IFY₁のビームの中心線(測長軸)と極力一致し、直線LY₂が干渉計IFY₂のビームの中心線(測長軸)と極力一致するように(すなわち極力回転ずれを起こさないように)ウェハステージWST上に固定される。

【0024】さらに、直線LXとLY₁との交点を挟んで直線LX上の対称的な位置に、2つの基準マークFM2C、FM2Dが設けられている。基準マークFM2C、FM2Dは基準マークFM2A、FM2Bと全く同じ形状、大きさの十字状スリットパターンであり、そのX方向の間隔も、マークFM2A、FM2Bの間隔と全く同一である。尚、図4中のマークLSMxはX方向用のTTLアライメント系(2X、3X)で検出されるもので、基準マークFM2BのX座標値と同一位置に設けられる。

【0025】図5は、基準板FP上の基準マークFM2側の各マーク配置のみを拡大したもので、投影レンズPLの投影視野領域PIFの中心を発光スリットマークIFSの交点に合致させた状態を示す。図5には、さらにその状態で理想的に位置決めされたレチクルRの外形とパターン領域PAの外形との位置関係を2点鎖線で表わしてある。TTLアライメント系用のマークLIMx、LIMyは投影視野PIFの最外周に位置するが、これはTTLアライメント系の先端のミラー2X、2Yがパ

ターン領域PAの投影領域を遮光しないように配置したからである。この状態で、基準マークFM2Aは、レチクルマークRM₁と整合され得るが、レチクルマークRM₁(RM₂も同じ)は、図6に示したように、X方向に延びたダブルスリットマークRM_{1y}とY方向に延びたダブルスリットマークRM_{1x}とで構成され、これらマークRM_{1y}、RM_{1x}は矩形の遮光体SBに囲まれた透明部に暗部として作られる。基準マークFM2Aの十字状スリットのうち、X方向に延びたスリットがダブルスリットマークRM_{1y}に挟み込まれ、Y方向に延びたスリットがダブルスリットマークRM_{1x}に挟み込まれることで、理想的なアライメントが達成されたことになる。

【0026】ここで、基準マークFM2Aの中心とマークLIMyの中心とのX方向の間隔K₁と、発光スリットマークIFSの中心とマークLSMyの中心とのX方向の間隔K₂とは、図6に示した発光スリットマークIFSがレチクルマークRM₁をY方向走査するときのX方向のオフセット量ΔX_k(ウェハ側換算値)だけ差をもつように設定されている。すなわち、K₁=K₂+ΔX_k、あるいはK₁=K₂-ΔX_kに設定されている。

【0027】さらにX方向用のTTLアライメント系で検出可能なマークLSMxのX方向の中心位置は、基準マークFM2BのX方向の中心位置と一致する。これは2ヶ所の基準マークFM2A、FM2Bの各中心点と発光スリットマークIFSの中心とのX方向の間隔K₄が、ともに等しいときに成り立つ条件である。またマークLSMxのY方向の位置は、マークLIMxのY方向の位置とほぼ等しいが、厳密には、発光マークIFSの中心とマークLIMxの中心とのY方向の間隔をK₅としたとき、K₄=K₅+ΔY_k、又はK₄=K₅-ΔY_kの關係に設定される。

(尚、K₄、K₅は図示を省略)。ここでΔY_kは図6に示すように発光スリットマークIFSがレチクルマークRM₁のダブルスリットマークRM_{1x}をX方向に走査するときのY方向のオフセット量である。

【0028】次に、図7を参照してTTRアライメント系(1A)の詳細な構成を説明する。レチクルマークRM₁の上方には全反射ミラー100が45°で斜設され、水平に配置された対物レンズ101の光軸をレチクルRに対して垂直にする。このTTRアライメント系は同軸落射照明のために、ビームスプリッタ102、露光波長の光を発生する光源103、照明光の遮断、通過を切り替える。シャッター104、照明光を導びく光ファイバー105、光ファイバー105の射出端からの照明光を集光して照明視野絞り107を均一照明するための集光レンズ106、及び視野絞り107からの照明光をケーラー照明条件で対物レンズ101へ送光するレンズ系109で構成された自己照明系を有する。こうして、

10

20

30

40

50

対物レンズ101はレチクルRのマークRM₁が形成された遮光帯SBの内側のみを照明する。これによってマークRM₁からの反射光がミラー100、対物レンズ101を介してビームスプリッタ102で反射され、結像レンズ110に入射する。マークRM₁の像光束は、ハーフミラー111で2つに分割され、結像レンズ110によってX方向検出用のCCDカメラ112XとY方向検出用のCCDカメラ112Yの夫々の撮像面上に拡大結像される。CCDカメラ112Xと112Yとは、マークRM₁の拡大像に対する水平走査線の方向が互いに直交するように配置されている。

【0029】この際、マークRM₁を含む遮光帯SBの内側領域の直下に、基準板FP上の基準マークFM2Aが位置すると、CCD112X、112Yは基準マークFM2Aの十字状のスリットを黒線として撮像する。画像処理回路113Xは、CCDカメラ112Xからの画像信号をデジタル波形処理し、基準マークFM2AのY方向に延びたスリットと、レチクルマークRM₁のダブルスリットマークRM_{1x}とのX方向（水平走査線方向）の位置ずれ量を求める。画像処理回路113YはCCDカメラ112Yからの画像信号をデジタル波形処理して、基準マークFM2AのX方向に延びたスリットと、レチクルマークRM₁のダブルスリットマークRM_{1y}とのY方向（水平走査線方向）の位置ずれ量を求める。主制御系114は、処理回路113X、113Yで求められた基準マークFM2AとレチクルマークRM₁とのX、Y方向の位置ずれ量が予め設定した許容範囲外有的时候には、レチクルステージRSTの駆動系115を制御して、レチクルRの位置を補正する。

【0030】駆動系115は、図2に示した3つの干渉計IRX、IRY、IR θ によってレチクルステージRSTの補正前の位置（X、Y、 θ ）を検出しており、補正後に3つの干渉計IRX、IRY、IR θ が検出すべき計測値を演算によって求めている。従って駆動系115は、3つの干渉計IRX、IRY、IR θ の各々の計測値が、補正後に検出されるべき計測値になるように、レチクルステージRSTを位置サーボ制御によって位置決めする。また主制御系114は、ウェハステージWSTの移動を、干渉計IFX、IFY₁、又はIFY₂の計測値に基づいて位置サーボ制御する駆動系116も制御する。

【0031】さて、図7に示したTTLアライメント系1Aには、基準板FP上の発光マークIFSからの照明光を、投影レンズPL、レチクルRの遮光帯SBの内部の透明部、ミラー100、対物レンズ101、ビームスプリッタ102、レンズ系109及びビームスプリッタ108を介して検出する発光マーク受光系が設けられる。この発光マーク受光系はレンズ系120と光電センサー（フォトマルチプライヤー）121等で構成され、光電センサー121の受光面は投影レンズPLの瞳E

P、及び対物レンズ101とレンズ系109との間の瞳面と、共に配置される。光電センサー121は、発光マークIFSがレチクルマークRM₁（又はRM₂）を走査したときに変化する透過光量を光電検出し、その変化に応じた光電信号SSDを出力する。この光電信号SSDの処理は、ウェハステージWSTの走査に伴って干渉計IFX、IFY₂から出力されるアップダウンパルス（例えば0.02 μ mの移動量毎に1パルス）に反応して信号波形をデジタルサンプリングし、メモリに記憶することで行なわれる。

【0032】次に図8を参照して、図2中のTTLアライメント系（2Y、3Y）の構成の一例を説明する。本実施例で使用するTTLアライメント系は、He-Neレーザ光源130からの赤色光をマーク照明光として利用し、ウェハWのレジスト層によるマーク反射光検出時の影響、及びレジスト層の感光を防止している。さらに、このTTLアライメント系には、マーク検出原理の異なる2つのアライメントセンサーが組み込まれており、対物レンズ3Yを共有化して2つのアライメントセンサーを択一的に使うようにしてある。このような構成は、特開平2-272305号公報、又は特開平2-283011号公報に詳細に開示されているので、ここでは簡単に説明する。

【0033】レーザ光源130からのHe-Neレーザ光はビームスプリッタ131で分割され、相補的に開閉されるシャッター132A、132Bに至る。図8ではシャッター132Aが開き、シャッター132Bが閉じた状態にあり、レーザ光は2光束干渉アライメント（LIA）方式の送光系133Aへ入射する。この送光系133Aは、入射したビームを2本のレーザビームに分割し、音響光学変調素子を用いて2本のレーザビームに一定の周波数差を与えて出力するものである。図8の場合、送光系133Aから出力される2本のレーザビームは同図の紙面と垂直な方向に平行に並んでいる。この2本のレーザビームはハーフミラー134で反射され、さらにビームスプリッタ135で2つに分割される。ビームスプリッタ135で反射した2つのレーザビームは対物レンズ3Yによってウェハ共役面の絞りAPA上で交差する。絞りAPAを通った2本の平行なレーザビームはミラー2Yで反射して投影レンズPLに入射し、ウェハW上、又は基準板FP上で再度交差する。この2本のレーザビームが交差する領域内には、1次元の干渉縞が作られ、その干渉縞は2本のビームの周波数差に応じた速度で干渉縞のピッチ方向に流れる。

【0034】そこで、図4、図5に示したマークLIM_y、LIM_xを、干渉縞と平行な回折格子とすると、その回折格子状のマークLIM_x、LIM_yからは周波数差に応じたビート周波数で強度変化する干渉ビート光が発生する。マークLIM_x、LIM_yの回折格子のピッチと干渉縞のピッチとを、ある一定の関係にすると、そ

10

20

30

40

50

の干渉ビート光はウェハW、又は基準板FPから垂直に発生し、投影レンズPLを介して2本の送光ビームの光路に沿って、ミラー2Y、絞りAPA、及び対物レンズ3Yの順に戻ってくる。干渉ビート光はビームスプリッタ135を一部透過して、光電検出器139に達する。光電検出器139の受光面は投影レンズPLの瞳面EPとほぼ共役に配置される。また光電検出器139の受光面には複数の光電素子（フォトダイオード、フォトランジスタ等）が互いに分離して配置され、干渉ビート光は光電検出器139の中心（瞳面の中心）に位置する光電素子で受光される。その光電信号はビート周波数と等しい周波数の正弦波状の交流信号となり、位相差計測回路140に入力する。

【0035】また、ビームスプリッタ135を透過した2本の送光ビームは、逆フーリエ変換レンズ136によって透過型の基準格子板137上で平行光束となって交差する。従って基準格子板137上には、1次元の干渉縞が形成され、この干渉縞はビート周波数に応じた速度で一方向に流れる。光電素子138は基準格子板137から同軸に発生する±1次回折光の干渉光、又は0次光と2次回折光との干渉光のいずれか一方を受光する。これら干渉光も、ビート周波数と等しい周波数で正弦波状に強度変化し、光電素子138はビート周波数と等しい周波数の交流信号を、基準信号として位相差計測回路140に出力する。

【0036】位相差計測回路140は、光電素子138からの基準信号を基準として、光電検出器139からの交流信号の位相差 $\Delta\phi$ （±180°以内）を求め、その位相差 $\Delta\phi$ に対応した基準板FP上のマークLIMy（又は同等のウェハ上のマーク）のY方向、すなわち格子ピッチ方向の位置ずれ量の情報SSBを、図7中の主制御系114へ出力する。位置ずれ検出の分解能は、マークLIMyのピッチと、このマーク上に照射される干渉縞のピッチとの関係、及び位相差検出回路の分解能によって決まるが、位相差検出分解能が±1°であるとする、マークLIMyの格子ピッチPgを8μm、干渉縞のピッチPfをPg/2としたとき、位置ずれ検出分解能は、±（1°/180°）×（Pg/4）で表わされ、約±0.01μmとなる。

【0037】図7の主制御系114は、このような高分解能のLIA方式のTTLアライメント系からの位置ずれ情報SSBに基づいて、ウェハステージWSTの駆動系116をサーボ制御し、基準板FP上のマークLIMyが基準格子板137に対して常に一定の位置関係に追い込まれるようにウェハステージWSTをサーボロックすることができる。

【0038】ただし、サーボロックを行なう場合は、光電素子138と光電検出器139の夫々からの信号の位相差が所定の値に安定していればよいので、ことさら、位相差を位置ずれ量に変換する必要はなく、位相差の変

化量のみを検出するだけでサーボロックが可能である。TTLアライメント系のもう1つの検出方式は、先に掲げた特開平2-233011号公報にも開示されているように、マーク検出方向と直交する方向に延びたスリット状のレーザスポット光に対してマークを走査し、そのマークから発生する回折、散乱光を光電検出して得られる信号レベルを、マーク走査のためのウェハステージWSTの移動に伴って生ずる干渉計IFX、IFYからのアップダウンパルスにตอบสนองしてデジタルサンプリングする方式である。

【0039】図8中のレーザステップアライメント(LSA)方式の送光系133Bには、シャッター132Aが閉じて、シャッター132Bが開いているときにレーザビームが入射する。入射したビームは、ビームエキスパンダとシリンドリカルレンズの作用で、集光点のビーム断面が一方向に延びたスリット状に成形され、ビームスプリッタ134、135、レンズ系3Y及びミラー2Yを介して投影レンズPLに入射する。この際、絞りAPAは、He-Neレーザ光の波長のもとでウェハ面（基準板FPの面）と共役となっており、ビームはここにスリット状に集光される。図8に示したTTLアライメント系の場合、LSA方式で作られるビームスポットは、投影視野PIF内の静止した位置でX方向に延びたスリット状に成形される。ウェハステージWSTをY方向に走査して、基準板FP上のマークLSMyがビームスポットを横切るとき、このマークLSMyから発生した回折光、又は散乱光が投影レンズPL、ミラー2Y、対物レンズ3Y、及びビームスプリッタ135を介して光電検出器139に達し、中央の光電素子以外の周囲の光電素子に受光される。この光電素子からの光電信号はLSA処理回路142に入力され、ウェハステージWST用の干渉計IFY₁（又はIFY₂）からのアップダウンパルス信号UDPにตอบสนองしてデジタルサンプリングされる。処理回路142はデジタルサンプリングされた信号波形をメモリに記憶し、デジタル演算を用いた高速波形処理によって、メモリ上の波形からLSA方式のスリット状スポット光のY方向の中心点とマークLSMyのY方向の中心点とが精密に合致するときのウェハステージWSTのY座標値を算出し、マーク位置情報SSAとして出力する。この情報SSAは図7中の主制御系114へ送られ、ウェハステージWSTの駆動系116の駆動制御に使われる。

【0040】またLSA処理回路142内には、図7の光電センサー121からの光電信号SSDを、アップダウンパルス信号UDPにตอบสนองしてデジタルサンプリングするメモリと、メモリ内の信号波形を高速演算処理する回路とを有し、レチクルマークRM₁の投影レンズPLによる投影像と発光マークIFSとが一致するときのウェハステージWSTの座標値を、レチクルマークRM₁の投影位置情報SSCとして主制御系114へ出力す

る。

【0041】次に図9、図10を参照して、オフ・アクシス・アライメント系OWAの詳細な構成を説明する。図10はオフ・アクシス・アライメント系OWAの構成を示し、IMPはウェハ表面、又は基準板FPの表面を表わし、対物レンズ4Bの視野MIF内に位置した表面領域の像は、プリズムミラー4A、対物レンズ4B、ミラー4C、レンズ系4D、及びハーフミラー4Eを介して指標板4F上に結像する。表面IMPを照明する光は、ハーフミラー4Eを介してレンズ系4D、ミラー4C、対物レンズ4B、及びプリズム4Aを介して表面IMPへ進む。照明光はウェハのレジスト層への感度が極めて低い波長域で300nm程度のバンド幅を有する。

【0042】指標板4Fは、図9に示すように透明ガラスの上に、遮光部による複数本（例えば4本）のラインパターンから成る指標マーク TMX_1 、 TMX_2 、 $TM Y_1$ 、 $TM Y_2$ を形成したものである。図10は、基準板FP上に設定した直線LXとLYとの交点と指標板4Fの中心とが一致した状態を表わす。指標マーク $TM X_1$ 、 $TM X_2$ は基準板FP上の基準マーク FM_1 をX方向に挟み込むように設けられ、指標マーク $TM Y_1$ 、 $TM Y_2$ は基準マーク FM_1 をY方向に挟み込むように設けられている。

【0043】さて、指標板4F上の各指標マークと、基準マーク FM_1 （又はウェハ上のマーク）の像とは、撮像用の結像レンズ4Gとハーフミラー4Hを介して2つのCCDカメラ4X、4Y上に拡大結像される。CCDカメラ4Xの撮像領域は、指標板4F上では図9中の領域40Xに設定され、CCDカメラ4Yの撮像領域は、領域40Yに設定される。そしてCCDカメラ4Xの水平走査線は、指標マーク $TM X_1$ 、 $TM X_2$ のラインパターンと直交するX方向に定められ、CCDカメラ4Yの水平走査線は指標マーク $TM Y_1$ 、 $TM Y_2$ のラインパターンと直交するY方向に定められる。CCDカメラ4X、4Yの各々からの画像信号は、画素毎に信号レベルをデジタルサンプリングする回路、複数の水平走査線毎に得られる画像信号（デジタル値）を換算平均する回路、指標マークTMと基準マーク FM_1 とのX方向、Y方向の各位置ずれ量を高速に演算する回路等の波形処理回路で処理され、その位置ずれ量の情報は図7の主制御系114へ情報SSEとして送られる。

【0044】尚、本実施例の場合、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点とは、一例としてX方向については2つの指標マーク $TM X_1$ と $TM X_2$ のX方向の2等分点であり、Y方向については2つの指標マーク $TM Y_1$ と $TM Y_2$ のY方向の2等分点である。ただし場合によっては、2つの指標マーク $TM X_1$ 、 $TM X_2$ のうち、例えばマーク $TM X_2$ のみのX方向の中心点を検出中心とすることもある。

【0045】図11は基準板FP上に形成された基準マ

ーク FM_1 の拡大図であり、Y方向に延びたラインパターンをX方向に一定ピッチで複数本配列するとともに、X方向に延びたラインパターンをY方向に一定ピッチで複数本配列した2次元パターンとして形成される。この基準マーク FM_1 のX方向の位置検出にあたっては、CCDカメラ4Xからの画像信号を波形処理回路で解析し、X方向に並んだ複数本のラインパターンの各検出位置（画素位置）の平均位置を基準マーク FM_1 のX方向位置とし、指標マーク $TM X_1$ 、 $TM X_2$ の中心位置とのずれ量を求めればよい。Y方向に関する基準マーク FM_1 の検出、位置ずれ量の検出についてもCCDカメラ4Yによって同様に行なわれる。

【0046】ところで、先に図5で説明したように、TTRアライメント系とTTLアライメント系とで検出される基準板FP上の各種マークの配置は、一定の位置関係に定められているが、このことについて、さらに図12を参照して説明する。図12は直線LX上に位置した各マークの拡大図であり、マーク $LI My$ はY方向に一定ピッチ（例えば8 μm ）で格子要素を配列した回折格子であり、マーク $LS My$ は円形内に拡大して示すように微小な正方形のドットパターンをX方向にピッチ PS_x で配列し、Y方向にピッチ PS_y で配列した2次元の格子パターンである。マーク $LS My$ はY方向用のLSA方式のTTLアライメント系のビームスポットで検出されるものであり、ビームスポットはX方向にスリット状に延び、Y方向のビーム幅はドットパターンのY方向の寸法とほぼ等しい。尚、X方向のピッチ PS_x がマーク検出時の回折光発生に寄与するものであり、Y方向のピッチ PS_y はY方向に複数の格子マークを配列してマルチマーク化するためのものである。従ってマルチマーク化する必要のないときは、直線LX上に並ぶ一例のドットパターン群のみがあればよい。

【0047】また、X方向のピッチ PS_x は、ビームスポットの波長と必要とされる1次回折光の回折角とによって一義的に決まるが、Y方向のピッチ PS_y は PS_x と等しいか、もしくはそれよりも大きければよい。さて、図5で説明したように、マーク $LI My$ のX方向の中心点と基準マーク $FM_2 A$ のX方向の中心点との間隔 K_1 と、発光マークIFSのX方向の中心点とマーク $LS My$ のX方向の中心点との間隔 K_2 とは、 $K_1 = K_2 \pm \Delta X_k$ の関係にある。この条件は、本実施例におけるLIA方式のTTLアライメント系のマーク検出領域（干渉縞の照射領域）の中心と、LSA方式のTTLアライメント系のマーク検出中心点（ビームスポット）とがほぼ一致しているために必要となったものであり、必ずしも上記条件に限定されるものではない。

【0048】以上の図8で説明したTTLアライメント系は、X方向用についても全く同様に構成され、各マークのX方向の位置情報は主制御系114へ送られる。次に本実施例の装置（ステッパー）によるベースライン計

測及び、各種アライメントの動作について説明するが、その前に基準板FPのウェハステージWSTへの取り付け誤差に対する補正について述べる。基準板FPの取り付け誤差のうち最終的な精度に影響するものは、基準板FPの座標系XY内での残留回転誤差である。

【0049】従来、この種の基準板をウェハステージ上に取り付ける際、セットネジ等で微調整可能な金物を介して固定することも提案されている（例えば特開昭55-135831号公報）。しかしながら、経時的な変動を考えると、微調整機構を介した基準板の固定方法は精度安定化の点で極めて不利であろう。そのため、基準板FPはウェハステージ上に微動（nmオーダー）すらできないように固着しておくことが望ましい。

【0050】いずれの固定方法にしても、本実施例では、基準板FPの残留回転誤差量を予め求めておくようにした。ここで言う残留回転誤差とは、例えば図4に示した基準板FP上に設定される直線LXと、図3に示した移動鏡IMyの反射面との平行度を意味する。ウェハステージWSTの座標位置管理は、すべて干渉計IFY₁、IFY₂（又はIFY₂）を基準としているから、移動鏡IMx、IMyの各反射面が座標位置計測の基準になっていると言える。従って移動鏡IMyの反射面と基準板FP上の直線LXとの平行度が問題になる。また取り付け誤差として、移動鏡IMyの反射面と直交するY方向と、移動鏡IMxの反射面と直交するX方向との各方向への平行ずれに関してはウェハステージWSTの位置決めで対応できるため、ほとんど問題にならない。

【0051】さて、基準板FPの残留回転誤差は、図示したステッパによる自己計測によって求めてもよいし、ウェハを使った試し焼きによって求めてもよい。ここでは、一例として自己計測による方法を説明する。図示したステッパの各アライメントセンサーのうち、Y方向のマーク検出方向をもち、かつ2つの干渉計IFY₁、IFY₂のいずれか一方に関してアップ条件を満足するものは、オフ・アクシス方式のウェハ・アライメント系OWAだけであるので、本実施例では干渉計IFY₁を基準として、そのアライメント系OWAのY方向の*

$$\begin{aligned}\theta f' &= (YA_1 - \Delta YF_d) - (YB_1 - \Delta YF_a) / Lfp \\ &= (YA_1 - YB_1) + (\Delta YF_a - \Delta YF_d) / Lfp \quad \cdots (1)\end{aligned}$$

ところが、ヨーイングが発生していた場合は、そのヨーイングによるウェハステージWSTの微小回転誤差分 $\Delta\theta_y$ が式(1)に含まれていることになる。従って真の*

$$\theta f = \theta f' - \Delta\theta_y \quad \cdots (2)$$

ヨーイングによる回転誤差 $\Delta\theta_y$ は、

$$\Delta\theta_y = (YA_1 - YA_2) / LB - (YB_1 - YB_2) / LB \quad \cdots (3)$$

で求められる。ここでLBは2つの干渉計IFY₁、IFY₂の各測長軸のX方向の間隔である。

【0057】そこで基準マークFM2Dの代りに基準マークFM2Cを使って同様の計測を行なうものとする、基準マークFM2AとFM2CのX方向の設計間隔

* マーク検出機能を使うものとする。まず基準板FP上の2つの基準マークFM2AとFM2Dの夫々のY方向の座標位置をオフ・アクシス・アライメント系OWAで計測する。そのために、図13(A)に示すように、基準マークFM2DのX方向に延びたバーマークを、オフ・アクシス・アライメント系OWAの対物レンズ4Bの視野内に位置させ、図9に示した指標マークTMY₁、TMY₂との間でY方向の位置ずれ量を求める。その際、指標マークTMY₁、TMY₂のいずれか一方のみに、基準マークFM2DのX方向に延びたバーマークをアライメントするようにしてもよい。尚、図13において、移動鏡IMyと基準板FP上の直線LXとは θf だけ回転しているものとし、誇張して表わしてある。

【0052】いずれにしろ、指標マークTMY₁、TMY₂を基準とした基準マークFM2DのY方向のずれ量が ΔYF_d が、図10のCCDカメラ4Yからの画像信号に基づいて検出される。その位置ずれ量は、図7の主制御系114へ入力している情報SSEとして得られている。同時に、基準マークFM2Dを対物レンズ4Bで検出しているときの干渉計IFY₁、IFY₂の計測値YA₁、YA₂が主制御系114に記憶される。

【0053】次にウェハステージWSTをX方向に一定量Lfpだけ移動させて、基準マークFM2AのX方向に延びたバーマークを、オフ・アクシス・アライメント系OWAの指標マークTMY₁、TMY₂に対して位置決めする。このときの様子を図13(B)に示す。その際の一定量Lfpは、基準マークFM2AとFM2DのX方向の設計間隔と等しく定められる。

【0054】そして、同様に基準マークFM2AのY方向のずれ量 ΔYF_a と、干渉計IFY₁、IFY₂の各計測値YB₁、YB₂を求める。以上の動作により計測作業が終了し、後は演算によって残留回転誤差 θf を求める。まず、ウェハステージWSTをX方向に一定量Lfpだけ移動させた際にヨーイングが発生しなかったものすると、回転誤差 $\theta f'$ は近似的に次式で求められる。

【0055】

40* 残留回転誤差 θf は、次式のようにになる。

【0056】

は干渉計IFY₁、IFY₂のX方向の間隔LBと等しくなり、従ってウェハステージWSTの一定量Lfpの移動も、Lfp=LBとなる。このため、基準マークFM2AとFM2C（又はFM2BとFM2D）とを使う場合においては、式(3)は次のようになる。

【0058】

$$\Delta \theta y \equiv (YA_1 - YB_1) + (YB_2 - YA_2) / Lfp \quad \dots (4)$$

よって、式(1)、(2)、(4)から、残留回転誤差 θf は、

$$\theta f \equiv \theta f' - \Delta \theta y = (\Delta YFa - \Delta YFd) - (YB_2 - YA_2) / Lfp \quad \dots (5)$$

として求められる。

【0059】すなわち、計測に使う2つの基準マークのX方向の間隔が、2つの干渉計IFY₁、IFY₂のX方向の間隔と等しいときは、基準として考えた干渉計IFY₁の計測値(YA₁、YB₁)をモニターしなくてもよいことになる。以上のようにして、基準板FPの移動鏡IMyに対する残留回転誤差 θf が求められるので、この値を主制御系114に記憶する。尚、基準板FP上の直線LXに沿った基準マークは4ヶ所にあるため、そのうち任意の2つの基準マークを使って残留回転誤差を求め、その平均値を取るようにしてもよい。例えば基準マークFM2AとFM2Cによって得られた回転誤差 θf_1 と基準マークFM2BとFM2Dによって得られた回転誤差 θf_2 との加算平均値 $(\theta f_1 + \theta f_2) / 2$ を、基準板FPの残留回転誤差とする。さらに、直線LX上には、マークLIMy、LSMy、IFS、FM₁が設けられているので、これらのうちいずれか2つをオフ・アクシス・アライメント系OWAで検出してY方向のマーク位置計測を行ってもよい。いずれにしろ、計測すべき2ヶ所のマークのX方向の距離は、精度確保のために極力大きい方が望ましい。

【0060】また以上で説明した自己計測による残留回転誤差の測定法は一例であって、自己計測による他の方法も考えられる。そのことについては、後の動作シーケンスにおいて説明する。さらに以上の測定法は θf を求めるものであるが、 θf はオフ・アクシス・アライメント系OWAによるウェハアライメント時にはオフセットとして検出されるものなので露光後バーニアを調べることによって θf を求める方法も考えられる。すなわち、オフ・アクシス・アライメント系OWAを使ってテストウェハへ重ね合わせ露光を行ない、現像後のレジストパターンのうち、重ね合わせ精度をチェックするバーニアをX、Y方向に読むことによって、残留取り付け誤差 θf を求めることができる。

【0061】次に、本実施例の装置によるベースライン計測の動作について説明するが、ここで説明する動作は代表的なものであり、いくつかの変形動作については後でまとめて述べる。図14、15は代表的なシーケンスを説明するフローチャート図であり、そのシーケンスは主に主制御系114によって統括制御される。

【0062】まず、所定の保管場合に収納されていたレチクルRを自動、又は手動に搬送し、レチクルステージRST上に機械的な位置決め精度、受け渡し精度のみに依存してローディングする(ステップ500)。この場合、レチクルRのローディング精度は、図6に示したレ

チクルマーク用の窓領域(遮光帯SBの内側)の大きさを5mm角程度にしてダブルスリットマークRM₁x、RM₂yの長さを4mm程度にしたとすると、±2mm以下が望ましい。

【0063】次に主制御系114は、レチクルRのマークRM₁、RM₂がTTLアライメント系1A、1Bによって正常に検出されるように、レチクルRの位置を予備的にラフにアライメントするためのレチクルサーチを行なう。このレチクルサーチには、図14のステップ504、506に示すようにSRA方式とIFS方式の2つがあり、ステップ502でどちらのモードにするかが選ばれる。ステップ504のIFS方式によるプリアライメントとは、図6に示すように、レチクルステージRSTの位置を固定したまま、発光マークIFSがレチクルマークRM₁、又はRM₂が存在しそうな位置を検索するようにウェハステージWSTを大きなストローク(例えば数mm)でX、Y方向にサーチ移動させて、レチクルマークRM₁、RM₂の位置を干渉計IFX、IFY₂に基づいてラフに検出し、その検出位置の設計上の位置からのずれ量を求めて、レチクルステージRST用の干渉計IRX、IRY、IR θ を頼りにレチクルステージRSTを微動させる方式である。

【0064】これに対して、ステップ506のSRA方式によるプリアライメントは以下のように実行される。レチクルマークRM₁、RM₂が存在しそうな位置の直下に基準板FPの無地の面を配置し、その状態でTTRアライメント系1A、1Bを用いて、CCDカメラ112X、112Y(図7)によってレチクルR上のパターンを撮像して1画面内の水平走査線に応じた画像信号波形をメモリに取り込む。次にレチクルステージRSTを干渉計IRX、IRY、IR θ の計測値に基づいて駆動系115により一定量だけX方向、又はY方向に移動させてから、2画面目の画像信号波形をCCDカメラから取り込み、1画面目の信号波形とつなぎ合わせる。その後、つなぎ合わせた画像信号波形を解析してからレチクルマークRM₁、RM₂の各位置を求め、設計上の位置からのずれ量を求めてからレチクルステージRSTの位置を移動させる方式である。

【0065】いずれのサーチモードであっても、レチクルRのマークRM₁、RM₂の各中心を、2つのTTRアライメント系1A、1Bの夫々に設けられたCCDカメラ112X、112Yの撮像領域内の中心に数 μ m程度の精度でプリアライメントできる。次に主制御系114は、ステップ508からのレチクルアライメント動作に入るが、その前に、2つの基準マークFM2A、FM

2Bの夫々が投影レンズPLの視野PIF内の設計上の位置にくるよう駆動系116を干渉計IFX、IFY₁（又はIFY₂）の計測値に応じて制御してウェハステージWSTを位置決めする。ウェハステージWSTが位置決めされると、基準マークFM2A、（FM2B）はレチクルマークRM₁（RM₂）とおおむね整合された状態でCCDカメラ112X、112Yで撮像される。この段階で図7中の処理回路113X、113Yを動作させて、基準マークFM2Aに対するレチクルマークRM₁のX、Y方向の位置ずれ量（ΔXR₁、ΔYR₁）と、基準マークFM2Bに対するレチクルマークRM₂のX、Y方向の位置ずれ量（ΔXR₂、ΔYR₂）とを計測する。

【0066】次にステップ510で、各位置ずれ量が許容値以内か否かを判定し、許容値よりかはずれているときは、ステップ512へ進む。このとき、2つのレチクルマークRM₁、RM₂の形状、配置から明らかなよう*

$$\Delta \theta R = \sin^{-1} \left((\Delta YR_1 - \Delta YR_2) / L_{rm} \right) \\ \approx (\Delta YR_1 - \Delta YR_2) / L_{rm}$$

ただし、間隔L_{rm}はどのレチクルについても一定であるから、θ方向のレチクルRのずれ量の評価は単純にはΔYR₁ - ΔYR₂の絶対値の大小を求めるだけでよい。以上のことから、X、Y、θ方向のレチクルRのずれ量が許容値よりも大きいときは、ステップ512でレチクルステージRSTを微動させる。このとき、X方向、Y方向、θ方向についてどれぐらいレチクルステージRSTを微動させればよいかが各ずれ量（ΔXR₁、ΔYR₁）、（ΔXR₂、ΔYR₂）に基づいて算出されるから、レチクルステージRSTの位置を3つの干渉計IRX、IRY、IRθでモニターしながら補正すべき位置へ微動させる。この駆動方式は、所謂オープン制御方式と呼ばれ、駆動系115の制御精度、レチクルステージRSTの位置決め精度が十分に高く、かく安定していれば、1回の位置ずれ計測（ステップ508）と1回の位置補正（ステップ512）だけでレチクルRを目標位置に正確にアライメントすることができる。しかしながら、位置補正によって目標位置に正確にアライメントされたか否かを確認する必要があるため、主制御系114は、再度ステップ508からの動作を繰り返す。

【0069】以上のステップ508～510によって、レチクルRは基準板FP上の2つの基準マークFM2A、FM2Bの設計上の座標位置に対してアライメントされたことになる。さて、こうしてレチクルRは基準マークFM2A、FM2Bに対してアライメントされるが、先に図13で説明したように基準板FPは移動鏡の反射面に対して一定の残留回転誤差θfを持っているため、アライメント後のレチクルRは厳密には移動鏡の反射面に対してθfだけ回転していることになる。

【0070】そこでステップ512でレチクルステージRSTを微動させる際、レチクルマークRM₁の基準マ

*に、レチクルRのX方向のアライメントは、基準マークFM2A、FM2Bの各中心点に対して各レチクルマークRM₁、RM₂の中心点の夫々がレチクル中心CCに向けてずれているときを正、逆方向にずれているときを負とすると、X方向のずれ量ΔXR₁とΔXR₂の極性と絶対値とを等しくすることで達成される。

【0067】同様に、レチクルRのY方向とθ方向のアライメントは、各レチクルマークRM₁、RM₂の中心点が静止座標系のY軸の正方向にずれたときを正とすると、Y方向のずれ量ΔYR₁とΔYR₂の極性と絶対値とを等しくすることで達成される。レチクルRのθ方向（回転方向）のずれ量ΔθRは、レチクルマークRM₁、RM₂のX方向の間隔をL_{rm}とすると、Y方向のずれ量ΔYR₁、ΔYR₂（レチクル上での実寸）から次式で求められる。

【0068】

…(6)

レチクルFM2Aに対するアライメント位置が、さらに（ΔOx₁、ΔOy₁）のオフセットを持つようにし、レチクルマークRM₂の基準マークFM2Bに対するアライメント位置がさらに（ΔOx₂、ΔOy₂）のオフセットを持つように設定する。ここでX方向のオフセットΔOx₁、ΔOx₂はともに零でよく、Y方向のオフセットΔOy₁、ΔOy₂は以下のように定められる。

$$\Delta Oy_1 = L_{rm} \cdot \theta f / 2$$

$$\Delta Oy_2 = -L_{rm} \cdot \theta f / 2$$

従って、レチクルRを基準板FPを基準としてアライメントするとき、基準板FPの取り付け誤差（θf）を考慮した最終条件は、TTRアライメント系で各マークを検出したときの位置ずれ量を以下のようにすることである。

$$\text{【0072】X方向: } \Delta XR_1 = \Delta XR_2 \rightarrow 0$$

$$\text{Y方向: } \Delta YR_1 \rightarrow \Delta ORy_1, \Delta YR_2 \rightarrow \Delta ORy_2$$

これらオフセットがのった最終アライメント位置への設定は、レチクル用の干渉計IRX、IRY、IRθを用いたオープン制御方式でもよいし、TTRアライメント系の各処理回路113X、113Yから求められる位置ずれ量を偏差信号とし、上記最終的な位置ずれ量を目標値としてレチクルステージRSTをクローズドループ制御で駆動してもよい。

【0073】ところで、基準板FPの残留回転誤差θfを求める場合と、先の図13で説明した方法以外に、レチクルマークRM₁、RM₂とTTRアライメント系とを用いる方法がある。その方法は、図14のフローチャート中のステップ508の前に、TTR方式でレチクルマークRM₁、RM₂と基準マークFM2C、FM2Dとをアライメントするステップを追加することで実行できる。

【0074】すなわち、ステップ504、又は506でレチクルRのプリアライメントが完了した時点において、レチクルRは±数 μm 以内の精度で設定されているからレチクルマーク RM_1 、 RM_2 を仮りの基準点として、基準マーク $\text{FM}2\text{C}$ 、 $\text{FM}2\text{D}$ の座標位置を計測する。この際、レチクルマーク RM_1 、 RM_2 は投影レンズPLの光軸AXからX方向に関してほぼ対称に位置しているため、TTRアライメント系1Aによって検出されるレチクルマーク RM_1 と基準マーク $\text{FM}2\text{C}$ とのY方向の位置ずれ量 $\Delta Y2\text{C}$ と、TTLアライメント系1Bによって検出されるレチクルマーク RM_2 と基準マーク $\text{FM}2\text{D}$ とのY方向の位置ずれ量 $\Delta Y2\text{D}$ との夫々には、厳密にはアップ誤差が含まれる。しかしながら、レチクルRの中心点と基準マーク $\text{FM}1$ の中心点とのY方向のずれ量を表わす加算平均値 $\Delta Y\text{RC}$ 〔 $(\Delta Y2\text{C} + \Delta Y2\text{D}) / 2$ 〕を求めると、加算平均によってアップ誤差分は相殺されることになる。従って、TTRアライメント系1A、1Bでずれ量 $\Delta Y2\text{C}$ 、 $\Delta Y2\text{D}$ を検出しているときの干渉計IFY₂の計測値 Yf_{m2} を記憶し、 $YF_1 = Yf_{m1} - \Delta Y\text{RC}$ の値を求めれば、レチクルRの中心点を基準とした基準マーク $\text{FM}1$ の中心点（基準マーク $\text{FM}2\text{C}$ と $\text{FM}2\text{D}$ とのX方向の中点）のY座標値 YF_1 が得られる。

【0075】X方向に関しては、TTRアライメント系1Aによって検出されたずれ量 $\Delta X2\text{C}$ と、TTRアライメント系1Bによって検出されたずれ量 $\Delta X2\text{D}$ とに基づいて、そのずれの方向性（正負）を考慮して、レチクルRの中心点と基準マーク $\text{FM}1$ の中心点とのX方向のずれ量 $\Delta X\text{RC}$ 〔 $(\Delta X2\text{C} - \Delta X2\text{D}) / 2$ 〕を求めればよい。この際、ウェハステージWSTのX座標位置を干渉計IFXによって、 Yf_{m1} として検出し、 $XF_1 = Yf_{m1} - \Delta X\text{RC}$ を算出することによってレチクルRの中心点を基準とした基準マーク $\text{FM}1$ の中心点のX*

$$\theta f' \approx YF_1 - YF_2 / XF_1 - XF_2 \quad \dots (7)$$

この場合、2つの干渉計のIFY₁の測定値と干渉計IFY₂の計測値との差の変化量がヨーイング量 $\Delta \theta y$ に相当するから、先の式(2)のように補正することによって真の取り付け誤差 θf が求まる。

【0079】以上の演算が行なわれている間、主制御系114は次のステップ510、512を実行していく。すなわち、以上で述べたように図14のシーケンス中で基準板FPの取り付け誤差 θf を求めることは、ステップ508で初めて計測した位置ずれ量（ $\Delta X\text{R}_1$ 、 $\Delta Y\text{R}_1$ ）、（ $\Delta X\text{R}_2$ 、 $\Delta Y\text{R}_2$ ）のみが必要となる。次に主制御系114は、図15に示したステップ516からの動作を実行する。ステップ516は、基準板FPの位置をウェハステージWST用の干渉計IFX、IFY₂（又はIFY₁）による計測値に基づいてサーボロックするか、TTLアライメント系のLIA方式でサーボロックするかを選択するものである。干渉計を用いたサ

* 座標値 XF_1 が得られる。

【0076】以上のようにして求められた座標値（ XF_1 、 XF_2 ）は、干渉計IFX₂、IFY₂を基準とした移動鏡IM_y、IM_xの各反射面から基準マーク $\text{FM}1$ の中心点までの距離を含んだ値となっている。次にウェハステージWSTを移動させて図14のステップ508を実行する。先に説明したようにステップ508では、まずTTRアライメント系1A、1Bによってレチクルマーク RM_1 、 RM_2 と基準マーク $\text{FM}2\text{A}$ 、 $\text{FM}2\text{B}$ との各位置ずれ量が求められている。レチクルマーク RM_1 に対する基準マーク $\text{FM}2\text{A}$ の位置ずれ量は（ $\Delta X\text{R}_1$ 、 $\Delta Y\text{R}_1$ ）であり、レチクルマーク RM_2 に対する基準マーク $\text{FM}2\text{B}$ の位置ずれ量は（ $\Delta X\text{R}_2$ 、 $\Delta Y\text{R}_2$ ）である。この際、図14中のステップ508では不要であったが、基準マーク $\text{FM}2\text{A}$ 、 $\text{FM}2\text{B}$ をTTRアライメント系で検出しているときのウェハステージWSTの座標値（ Xf_{m2} 、 Yf_{m2} ）を干渉計IFX、IFY₂から記憶する。

【0077】以上の計測結果から、主制御系114はレチクルRの中心点を基準とした基準マーク $\text{FM}2$ の中心点（マーク $\text{FM}2\text{A}$ と $\text{FM}2\text{B}$ のX方向の中点）の座標値（ XF_2 、 YF_2 ）を次のように求める。

$$XF_2 = Xf_{m2} - (\Delta X\text{R}_1 - \Delta X\text{R}_2) / 2$$

$$YF_2 = Yf_{m2} - (\Delta Y\text{R}_1 - \Delta Y\text{R}_2) / 2$$

この座標値（ XF_2 、 YF_2 ）は干渉計IFY₂、IFXを基準とした移動鏡IM_y、IM_xの各反射面から、基準マーク $\text{FM}2$ の中心点までの距離を含んだ値となっている。

【0078】従って、ウェハステージWSTを基準マーク $\text{FM}2\text{C}$ 、 $\text{FM}2\text{D}$ の検出位置から基準マーク $\text{FM}2\text{A}$ 、 $\text{FM}2\text{B}$ の検出位置へ移動させたときのヨーイング量 $\Delta \theta y$ を含んだ基準板FPの取り付け誤差 $\theta f'$ は、次式で算出される。

一ボロックが選択されている場合は、ステップ518へ進み、レチクルアライメントが達成された時点でのウェハステージWSTの座標値を記憶し、干渉計IFX、IFY₂（又はIFY₁）の計測値が、常にその記憶値と一致するように、ウェハステージWSTの駆動系116をサーボ制御する。LIA方式のサーボロックが選択されている場合は、ステップ520へ進み、図8に示したシャッター132A、132Bを図中の状態に設定し、基準板FP上のマークLIM_x、LIM_yの夫々の上に干渉縞を照射する。そして位相差測定回路140によって、X方向とY方向の夫々について、基準信号との位相差が常に所定値になるようにウェハステージWSTをサーボ制御する。LIA方式の場合、基準板FP上の2つのマークLIM_x、LIM_yは、TTLアライメント系の内部に固定された基準格子板138に対してアライメントされることになる。

【0080】ウェハステージWSTのサーボロックは、干渉計IFX、IFY₁（又はIFY₂）の計測値に基づく干渉計モードでも、TTLアライメント系に基づくLIAモードでもほぼ同等の精度で可能であるが、実験やシミュレーションによると、LIAモードの方が干渉計モードよりも安定していることが確められている。一般にウェハステージWSTのX、Y方向の移動ストロークはウェハの直径よりも大きく、一例として30cm以上は必要である。このため干渉計IFX、IFY₁からのレーザビームのうち大気中に露出する光路長は数+cm以上におよび、その間の空気屈折率ゆらぎが生じるとウェハステージWSTが厳密を静止しているにもかかわらず、干渉計内部のカウンタの値が1/100μm〜1/10μmのオーダーで変動する。従って干渉計のカウント値が一定になるようにサーボロックすると、屈折率のゆらぎによってウェハステージWSTの位置が、例えば±0.08μm程度の範囲内で微動することがある。屈折率のゆらぎは、干渉計からのレーザビームの光路内を、温度差をもつ空気のかたまりがゆっくり通過した時等に生ずる。ウェハステージ用の干渉計には、このように環境上の不利な点があり、LIA方式よりも安定性に欠けることがある。LIA方式で使われるビームはほとんど大気中に露出することがないように、カバーを設けることができ、さらにビームの露出がさけられないレチクルと投影レンズとの空間、及び投影レンズとウェハとの空間は、せいぜい数cm程度しかないため、屈折率のゆらぎは起こりにくい。

【0081】以上のことから、TTRアライメント系によって基準マークFM2A、FM2Bを検出している状態で、TTLアライメント系を使って基準板FB（ウェハステージWST）の位置サーボが行なえる場合は、極力そのようにした方が好ましい。次に主制御系114は、ステップ522でTTRアライメント系とオフ・アクシス・アライメント系とを同時に使った基準マーク検出を行なう。一般に、先のステップ510でレチクルステージRSTが目標位置に微動され、アライメントが達成されると、レチクルステージRSTは、そのベースとなるコラム側への真空吸着等で固定される。この吸着の際、レチクルステージRSTが微小量横ずれすることがある。この横ずれは微小なものではあるが、ベースライン管理上は誤差要因の1つであり、十分に認識しておく必要がある。その認識は、TTRアライメント系のCCDカメラ112X、112Yを使って、再度ステップ508の計測動作を行なうこと、又は、干渉計IRX、IRY、IRθの計測値のレチクルアライメント達成時点からの変化量をモニターすること等で可能である。しかしながら本実施例では、その横ずれも含めてベースライン量として管理するようにしたため、特別に横ずれ量のみを個別に求めなくてもよい。

【0082】さて、ステップ522の段階では、すでに

オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出領域内に基準板FP上の基準マークFM1が位置している。そこで主制御系114は、図10に示したオフ・アクシス・アライメント系のCCDカメラ4X、4Yを使って視標板4F内の視標マークTMと基準マークFM1とのX、Y方向の位置ずれ量(ΔXF、ΔYF)をウェハ上の実寸として求める。同時にTTRアライメント系のCCDカメラ112X、112Yを使って、レチクルマークRM₁と基準マークFM2Aとの位置ずれ量(ΔXR₁、ΔYR₁)と、レチクルマークRM₂と基準マークFM2Bとの位置ずれ量(ΔXR₂、ΔYR₂)とをウェハ側の実寸として計測する。このとき、TTR方式もオフ・アクシス方式も、ともにCCDカメラを光電センサーとしているため、撮像したマーク像に対応した画像信号波形のメモリへの取り込みタイミグを極力一致させるように、処理回路113X、113Y等を制御する。ただし、CCDカメラは一般に1フレーム分の画像信号を1/30秒毎に出力するから、TTR方式とオフ・アクシス方式との画像信号の取り込みをフレーム単位で厳密に同期させる必要はない。すなわちおおむね同時に信号取り込みを行なえばよく、一例として数秒以内（好ましくは1秒以内）であれば十分であろう。尚、基準板FPの位置を干渉計でサーボロックしている場合は、TTR方式での画像信号波形の取り込みとオフ・アクシス方式での画像信号波形の取り込みとを、空気の屈折率のゆらぎによるウェハステージ位置の変動の時間よりも十分に短い間隔にする必要がある。

【0083】次に主制御系114は、ステップ524でウェハステージWSTのサーボロックを解除してステップ526の動作に移り、LSA方式、IFS方式を同時に使って基準板FP上の各マークを検出するために、ウェハステージWSTの移動（走査）を開始する。このステップ526は、先に図6、図5で説明したように、発光スリットマークIFSがレチクルマークRM₁を2次元に走査するようにウェハステージWSTを移動させるもので、ウェハステージWSTは、まず発光スリットマークIFSが図6に示した位置関係になるように位置決めされる。このときTTLアライメント系のLSA方式によるX方向に延びたスリット状のビームスポットは基準板FP上のマークLSMyに対してY方向にずれて位置する。その状態からウェハステージWSTをY方向に走査すると、LSA方式の光電検出器139からの光電信号とIFS方式の光電素子121からの光電信号SSDとの両波形は、図16に示すようになる。図16

(A)は、LSA方式によってメモリ上に取り込まれたマークLSMyの検出波形であり、ここではマークLSMyを5本の回折格子パターンとしたので、信号波形上で5つのピークが発生している。図8に示した処理回路142は、その5つのピーク波形の各々の重心位置を求め、その平均値をマークLSMyのY座標位置YLsと

で算出する。

【0084】一方、IFS方式で得られる信号SSDは、図16(B)に示すように、レチクルマークRM_iのダブルスリットマークRM_iyに対して、2つのボトム波形部分を含む。処理回路142は図16(B)の信号波形中の2つのボトム波形の夫々の中心点を求め、その中点をダブルスリットマークRM_iyの投影像のY方向の中心座標位置Y1fとして算出する。

【0085】同様に、図6中のX方向の矢印のように発光スリットマークIFSを移動させて、レチクルマークRM_iのダブルスリットマークRM_ixを走査する。このときX方向用のTTLアライメント系のLSA方式によるスリット状スポットが、基準板FP上のマークLSMxによって同時に走査され、図16と同様の波形が得られる。この際、X方向用のLSA方式によって検出されたマークLSMxのX座標値はXLsであり、IFS方式によって検出されたダブルスリットマークRM_ixのX座標値はX1fである。

【0086】図16で示すように、座標位置TLsとX1fとの差が、Y方向用のLSA方式によるTTLアラ*20

$$LF = (\Delta Xfa, \Delta Xfb) / 2$$

次に主制御系114は、TTR-Aで求めたX方向のずれ量ΔXR₁とTTR-Bで求めたX方向のずれ量ΔXR₂との差ΔXccの1/2をウェハ側の寸法として求め※

$$\Delta Xcc = (\Delta XR_1 - \Delta XR_2) / 2$$

ここでΔXR₁、ΔXR₂はレチクルマークRM₁、RM₂が基準マークFM2A、FM2Bの夫々に対してレチクル中心の方向にずれているときは正、逆方向にずれていることは負の値をとるものとする。この式(2)で求めた値ΔXccが零のとき、レチクルRの中心CCの投影点は、2つの基準マークFM2A、FM2Bの各中心点のX方向の2等分点上に精密に合致していることになる。

$$BLOx = LF - \Delta Xcc - \Delta XF$$

ここでΔXFは、指標マークTMX₁、TMX₂のX方向の2等分点に対して基準マークFM1が投影レンズPL(基準マークFM2A、FM2B)の方向にずれて検出されたときは正の値をとり、逆方向にずれて検出されたときは負の値をとるものとする。

$$\Delta Ycc = (\Delta YR_1 - \Delta YR_2) / 2$$

ここで、ΔYR₁、ΔYR₂は、レチクルマークRM₁、RM₂の夫々が対応する基準マークFM2A、FM2Bに対して、図4上でYの正方向(図4の紙面内で上方)にずれているときは正、逆方向にずれているときは負の値をとるものとする。このずれ量Yccは、レチクルRの中心CCの投影点と、基準マークFM2A、FM

$$\Delta Yf_2 = (\Delta Yfa - \Delta Yfb) / 2$$

以上の計算値ΔYcc、ΔYf₂と実測値ΔYFとに基づいて、主制御系114は、レチクルRの中心CCの投影点と、オフ・アクシス・アライメント系OWAの指標板

* イメント系の検出中心点とレチクルRの中心CCの投影点とのY方向のベースライン量である。次に主制御系114は、ステップ528でベースライン量を求めるための演算を行なう。この演算に必要なパラメータは、図17に表で示すように計測した実測値と設計上予め定められた定数値とに分けられる。図17の表中の実測値において、「TTR-A」は図2中のTTRアライメント系1Aのことであり、「TTR-B」はTTRアライメント系1Bのことであり。また各アライメント系による実測値は、X方向とY方向とについて位置ずれ量、又はマーク位置を分けて表示してある。一方、設計上の定数値としては、基準マークFM1の中心点と基準マークFM2AとのX、Y方向の各距離(ΔXfa、ΔYfa)と基準マークFM1の中心点と基準マークFM2BとのX、Y方向の各距離(ΔXfb、ΔYfb)とが直線LXを基準として予め精密に測定され、記憶されている。

【0087】主制御系114は、定数値ΔXfa、ΔXfbに基づいて、基準マークFM2A、FM2Bの各中心点を結ぶ線分の2等分点と、基準マークFM1の中心点とのX方向距離LFを算出する。

$$\dots (8)$$

※る。

【0088】

$$\dots (9)$$

★【0089】次に主制御系114は、実測値ΔXFと計算値LF、ΔXccとに基づいて、レチクルRの中心CCのXY座標平面への投影点と、オフ・アクシス・アライメント系OWAの指標板4FのX方向の中心点(指標マークTMX₁とTMX₂との間の2等分点)のXY座標平面への投影点とのX方向の距離BLOxを、オフ・アクシス・アライメント系OWAに関するX方向ベースライン量として算出する。

$$\dots (10)$$

☆【0090】次に主制御系114は、実測値ΔYR₁とΔYR₂に基づいて、レチクルRの中心CCの投影点と、基準マークFM2Aの中心点とFM2Bの中心点とを結ぶ線分の2等分点(ほぼ直線LY₂上にある)とのY方向のずれ量ΔYccを求める。

$$\dots (11)$$

◆2Bの各中心点を結ぶ線分の2等分点が精密に一致したとき零になる。

【0091】さらに主制御系114は、定数値ΔYfa、ΔYfbに基づいて、基準マークFM2A、FM2Bの各中心点を結ぶ線分の2等分点と基準マークFM1の中心点とのY方向のずれ量ΔYf₂を求める。

$$\dots (12)$$

4FのY方向の中心点(指標マークTMX₁とTMX₂との間の2等分点)の投影点とのY方向の距離BLOyを、オフ・アクシス・アライメント系OWAのY方向ベ

ースライン量として算出する。

* * 【0092】

$$BLOy = \Delta Y_{cc} - \Delta Y_f : -\Delta Y_f \quad \dots (13)$$

以上の演算により、オフ・アクシス・アライメント系OWAのベースライン量(BLOx、BLOy)が求まり、次に主制御系114はLSA方式のTTLアライメント系のベースライン量(BLTx、BLTy)を求め、Y方向用のLSA方式TTLアライメント系のベー

※スライン量BLTyは、スリット状のビームスポットのY方向の中心点とレチクルRの中心点とレチクルRの中心CCの投影点とのY方向のずれ量であり、次式によって求められる。

【0093】

$$BLTy = YIf - YLs \quad \dots (14)$$

同様に、X方向用のLSA方式TTLアライメント系のベースライン量BLTxとは、スリット状のビームスポットのX方向の中心点とレチクルRの中心CCの投

★影点とのX方向のずれ量であり、次式によって求められる。

$$BLTx = YIf - YLs \quad \dots (15)$$

ただし、式(14)、(15)で求めた値には、発光マークIFSの中心と基準板FP上のマークLSMyとのY方向の配置誤差ΔYsmと、発光マークIFSとマークLSMxとのX方向の配置誤差ΔXsmとが含まれている☆

☆ため、これらの誤差が無視できないときは、予め定数値として記憶しておき、式(14)、(15)をそれぞれ式(14')、(15')のように変更すればよい。

【0094】

$$BLTy = YIf - YLs - \Delta Y_{sm} \quad \dots (14')$$

$$BLTx = XIf - XLs - \Delta X_{sm} \quad \dots (15')$$

以上のシーケンスによって、ベースライン計測が終了し、ウェハステージWST上にはブリアライメントされたウェハWが載置される。ウェハW上には複数の被露光領域、すなわちレチクルRのパターン領域PAが投影されるショット領域が2次元に配置されている。そして各ショット領域には、オフ・アクシス・アライメント系OWA、又はTTLアライメント系(2X、3X; 2Y、3Y)によって検出されるアライメントマークが、ショット領域の中心点に対して一定の関係で形成されている。多くの場合、それらウェハ上のアライメントマークはストリートライン内に設けられる。実際のウェハアライメントの方法には、従来よりいくつもの方式、又はシーケンスが知られているので、ここではそれら方式、シーケンスの説明は省略し、基本的なウェハアライメントのみについて説明する。

◆TMX₁に挟み込まれるようにウェハステージWSTを位置決めする。ここでマークWMx、WMyは、基準マークFM1と同様にマルチラインパターンであるものとする。

【0096】そして、主制御系114は、位置決めされたウェハステージWSTのX方向の座標位置Xmを干渉計IFXから読み込む。さらにオフ・アクシス・アライメント系OWA内のCCDカメラ4Xからの画像信号を処理して、指標板4Fの中心点とマークWMxの中心点とのX方向のずれ量ΔXpを検出する。次にウェハステージWSTを動かして、オフ・アクシス・アライメント系の指標マークTMX₁、TMX₂によってウェハのマークWMyが挟み込まれるようにウェハステージWSTを位置決めする。このときのY方向の座標位置Ymを干渉計IFYから読み取る。そしてCCDカメラ4Yの撮像によって、指標板4Fの中心点とマークWMyの中心点とのY方向のずれ量ΔYpを求める。

【0097】以上のマーク位置検出が終ると、あとは次式の計算のみによって、露光時にショット領域SAnの中心SCnをレチクルRの中心CCの投影点に合致させるためのウェハステージWSTの座標位置(Xe、Ye)が求められる。

$$Xe = Xm - \Delta X_p + (BLOx - \Delta X_{wm}) \quad \dots (16)$$

$$Ye = Ym - \Delta Y_p + (BLOy - \Delta Y_{wm}) \quad \dots (17)$$

尚、LSA方式のTTLアライメント系でマークWMx、WMyを検出する場合、LSA方式によるマークWMx、WMyの各検出位置をXm、Ymとして次式で露

* 光時のステージ座標位置が求まる。

【0098】

$$Xe = Xm + BLTx - \Delta X_{wm} \quad \dots (18)$$

$$Ye = Ym + BLTy - \Delta Y_{wm} \quad \dots (19)$$

以上の説明ではオフ・アクシス・アライメント系OWAの静止座標系内での検出中心点でも、干渉計IFX、I

FY₁の両測定値が直交するように定めてあるから、オフ・アクシス・アライメント系OWAを用いた2次元の

マーク位置検出に、2つの干渉計IFX、IFY₁の計測値を使うと、マーク検出時のウェハステージWSTの座標、位置X_m、Y_m、及びマーク位置のずれ量ΔX_p、ΔY_pにはアッペ誤差が含まれないことになる。

【0099】従って、オフ・アクシス・アライメント系OWAを使ってウェハマークや基準マークを検出するときには、投影レンズPLに対してアッペ条件を満たす干渉計IFY₂ではなく、アライメント系OWAに対してアッペ条件を満たす干渉計IFY₁を使うことが重要である。しかしながら、投影レンズPLに対してアッペ条件を満たす干渉計IFX、IFY₂と、オフ・アクシス・アライメント系OWAに対してアッペ条件を満たす干渉計IFX、IFY₁とをそのまま切り替えて使うためには、2つのY方向用の干渉計IFX₁、IFY₂の各内部カウンタのリセット（又はプリセット）を特定の状態のもとで行なう必要がある。結論から言えば、投影レンズPLを介して基準マークFM2を検出すると同時に、オフ・アクシス・アライメント系OWAを介して基準マークFM1を検出してベースライン計測を行なう際のウェハステージWSTの停止位置で、2つの干渉計IFY₁、IFY₂の各内部カウンタの値をどちらか一方の値と等しくプリセットするのである。従って、先に述べた図14、15のシーケンスにおいては、2つの干渉計IFY₁、IFY₂のプリセット動作が必要であるとともに、先に述べた基準板FPの取り付け誤差θ_fに起因したベースライン量の補正演算が必要となる。そこで以下に、その具体例を説明する。

【0100】まず、図14中のステップ508、510、512によってレチクルアライメントを行なう。このとき、基準板FPの取り付け誤差θ_fを考慮して、先に説明したように、レチクルマークRM₁、RM₂のX方向のアライメント位置がΔXR₁=ΔXR₂であって、かつ零に追い込まれるように設定し、Y方向のアライメント位置がΔYR₁→ΔO_{y1}に、ΔYR₂→ΔO_{y2}にそれぞれ追い込まれるように設定する。すなわち、2つのレチクルマークRM₁、RM₂を結ぶ線が移動鏡IMyの反射面と平行になるようにレチクルRをアライメントする。

【0101】その後、ベースライン誤差の計測に入るが、レチクルアライメントが達成されてからは、ウェハステージWSTが移動しないようにサーボロックが働く。そのサーボロック状態で考えてみると、その時点では、投影レンズに対してアッペ条件を満たす干渉計IFY₂の計測値L_eと、オフ・アクシス・アライメント系に対してアッペ条件を満たす干渉計IFY₁の計測値L_fとの間には、L_y(Δθ_a+Δθ_r)の誤差が存在する。ここでL_yは2つの干渉計IFY₁、IFY₂の各測定軸のX方向の間隔であり、回転誤差Δθ_aは、ベースライン計測時のウェハステージWSTの位置で生じた移動鏡KMyの反射面の理想的な位置（理想的なX

軸）からの微小回転誤差である。また回転誤差Δθ_rは、ウェハステージWSTが所定の原点位置にきたときに生じた移動鏡IMyの反射面の理想的な位置（X軸）からの微小回転誤差である。これらの誤差Δθ_a、Δθ_rは単独に直接は計測できないが、通常、ウェハステージWSTが原点位置にきたときに干渉計IFY₁、IFY₂の内部カウンタを同時にリセット（又はプリセット）しておくことで、Δθ_aとΔθ_rの合成値のリセット位置からの変化分として計測することができる。すなわち、Δθ_a+Δθ_rの変化分が、リセット位置を基準としたヨーイング量として計測できるのである。

【0102】従って、投影レンズに対してアッペ条件を満たす干渉計IFY₂でウェハステージWSTの位置をモニター、又は制御している状態のとき、他方の干渉計IFY₁の測定値L_fには当然のことながら、L_f-L_e=L_y(Δθ_a+Δθ_r)の誤差が含まれたものになり、干渉計IFY₁の測定値L_fをそのまま真の値としてベースライン量測定に組み入れることはできない。あるいはウェハステージWSTの制御をそのまま干渉計IFY₁による制御のもとに移すこともできない。

【0103】そこで、ベースライン計測時に基準板FPを位置決めしてウェハステージWSTをサーボロックした時点での干渉計IFY₁の測定値L_fと干渉計IFY₂の測定値L_eとの差をΔL_{yw}[L_y(Δθ_a+Δθ_r)]として記憶した後、干渉計IFY₁の内部カウンタを測定値L_fから測定値L_eへ変更（プリセット）する。このようにすると、以後の制御において、露光時にウェハステージWSTの位置決めを使う干渉計IFY₂に基づいた制御を、オフ・アクシス・アライメント時に使う干渉計IFY₁に基づいた制御に切り替えても、何ら支障は生じない。

【0104】このときの様子を図19に誇張して示す。図19において、2つの基準マークFM2A、FM2Bを結ぶ線LXは移動鏡IMyの反射面と平行な線Lrcに対して誤差θ_fだけ回転している。レチクルRがアライメントされると、レチクルマークRM₁は基準マークFM2Aに対してΔO_{y1}だけオフセットして位置し、レチクルマークRM₂は基準マークFM2Bに対してΔO_{y2}だけオフセットして位置するため、結局、レチクルマークRM₁、RM₂を結ぶ線分は線Lrcと平行になる。図19では線Lrcがレチクル中心CCを通るように定めたので、レチクルマークRM₁、RM₂、及び中心CCは線Lrc上に位置する。

【0105】さて、この状態で2つの干渉計IFY₁、IFY₂は同一カウント値L_eにプリセットされる訳であるが、図19に示したように、プリセット後の2つの干渉計IFY₁、IFY₂の基準は基準線Lir'に変化する。図19において線Lirは、例えばウェハステージWSTが原点位置にきたときに干渉計IFY₁、IFY₂を同一値にプリセットした状態での基準を示す。すな

わち、干渉計 I F Y₁、I F Y₂ はこれら仮想的な基準線 L I r、又は L I r' から移動鏡 I M y までの距離を計測していると考えてよい。従ってプリセット直後においては、基準線 L I r'、移動鏡 I M y の反射面、及び線 L r c の夫々が互いに平行になる。ちなみに、プリセット後に 2 つの干渉計 I F Y₁、I F Y₂ の計測値の差からウェハステージ W S T のヨーイングを求める場合、ヨーイング量の基準は、図 19 の線 L I r' に変更されたことになる。すなわち、ベースライン計測時に基準板 F P を投影

レンズ P L とオフアクシスアライメント系との直下に位置決めしたときの移動鏡 I M y の反射面と平行な線が、それ以降のヨーイング量計測の基準となるのである。【0106】さらにベースライン計測では、オフアクシスアライメント系によって基準マーク F M 1 と指標マーク T M との位置ずれ量 (Δ X F、Δ Y F) が図 17 に示すように求められる。図 19 において、O f はオフアクシスアライメント系の指標マーク T M によって規定される検出中心点である。ここで真のベースライン量は、レチクル R の中心点 C C と検出中心点 O f との位置関係で決まるが、基準板 F P の取り付け誤差 θ f が極めて小さいものとする

とすると、X 方向のベースライン量は先の図 17 に示した定数値 Δ X f a (F M 1 と F M 2 A の距離) と定数値 Δ X f b (F M 1 と F M 2 B の距離)、レチクルアライメント時の中心点 C C の X 方向のずれ量、及びオフアクシスアライメント系で検出されるずれ量 Δ X F によって決まる。

【0107】すなわち、2 つの基準マーク F M 2 A、F M 2 B の X 方向の中心点と基準マーク F M 1 の中心点までの線 L X 上の距離を L F とすると、L F は先の式 (8) と同様にして、

$$\Delta Y f c \approx (L F - \Delta X c c) \cdot \theta f$$

として求められる。従って、先の式 (13) を変更して、取り付け誤差 θ f を考慮した Y 方向のベースライン量※

$$B L O y = \Delta Y c c - \Delta Y f : - \Delta Y f c - \Delta Y F$$

尚、Δ Y c c、Δ Y f、はそれぞれ先の式 (11)、(12) から求めたものである。以上のようにして、2 つの干渉計 I F Y₁、I F Y₂ を基準板 F P によるベースライン計測時に同じ値にプリセットするとともに、取り付け誤差 θ f に応じてベースライン量の演算に補正を加えること、及びベースライン計測状態にある基準板 F P 上の基準マークに対してレチクル R のアライメントを実行することによって、すべての誤差要因が相殺されることになり、従来のベースライン計測よりも格段に高精度になる。

【0112】尚、ベースライン計測動作の際、ウェハステージ W S T の停止位置を干渉計 I F Y₁ で読み取る場合も、約 1 秒の間に数十回程度、内部カウンタの計測値をサンプリングし、それらを平均化することによって、ゆらぎによる誤差分が、実験上は 0.03 μm から 0.012 μm 程度に低減する。また、図 18 のようにウェハ W

$$* L F = (\Delta X f a + \Delta X f b) / 2$$

で求められる。またレチクルアライメント時に残存して中心点 C C の基準マーク L M 2 の中点に対する X 方向のずれ量 Δ X c c は、図 17 中の実測値 Δ X R₁、Δ X R₂ から、先の式 (9) と同様に、

$$\Delta X c c = (\Delta X R_1 - \Delta X R_2) / 2$$

で求められる。

【0108】従って、X 方向の真のベースライン量 B L O x は、先の式 (10) と同様にして、

$$B L O x = L F - \Delta X c c - \Delta X F$$

で求まる。一方、Y 方向のベースライン量 B L O y については、取り付け誤差 θ f に起因したサイン誤差 (Y 方向のずれ量) が生じるため、先に説明した式 (13) のままでは精度が保証されない。

【0109】ここで再び、図 19 を参照して考えてみる。まず 2 つの干渉計 I F Y₁、I F Y₂ がプリセットされた後であれば、どちらの干渉計を使ってウェハステージを位置制御しても支障はない。例えば、レチクル R の中心点 C C の直下にウェハ上の特定点を位置決めした状態から、干渉計 I F Y₁ の計測値を変化させないように、ウェハステージ W S T を X 方向に距離 L F、(厳密には L F - Δ X c c) だけ移動させたとすると、ウェハ上の特定点は、図 19 中の点 P c に位置することになる。従って管理すべき Y 方向の真のベースライン量 B L O y は、オフアクシスアライメント系の検出中心点 O f と点 P c との Y 方向の間隔である。

【0110】基準板 F P の取り付け誤差 θ f が求められているから、点 P c と基準マーク F M 1 との Y 方向のずれ量 Δ T f c は、θ f が十分に小さいという条件のもと

$$* 30 \quad \text{で、} \quad \dots (20)$$

※ B L O y は、次式のようにになる。

$$【0111】$$

$$\dots (21)$$

のアライメントマーク W M x、W M y をオフ・アクシス・アライメント系 O W A で検出するとき、ウェハステージ W S T の位置決めは干渉計 I F Y₁、I F X で制御されるが、その際、ウェハステージ W S T にヨーイングが発生することがある。しかしながら、このときのヨーイング発生は、2 つの干渉計 I F Y₁、I F Y₂ をプリセットした後では最終的なアライメント精度 (レチクルとウェハ上のショットとの重ね合わせ精度) に影響を与えない。

【0113】図 20 は、図 19 で説明した 2 つの干渉計 I F Y₁、I F Y₂ の相互プリセットを実現する一例を示し、ここではハードウェア上で実現するものとするが、同様の機能はソフトウェア上の計算でも全く同じ考え方で実現できる。図 20 において、アップダウンカウンタ (U D C) 200 は、干渉計 I F Y₁ の内部カウンタであり、ウェハステージ W S T の Y 方向の移動に伴っ

て発生するアップパルスUP1とダウパルスDP1とを可逆計数する。アップダウンカウンタ(UDC)202は干渉計IFY₂の内部カウンタであり、同様にアップパルスUP2とダウパルスDP2とを可逆計数する。UDC200、202の各カウント値は、例えば並列24ビットのY座標値DY₁、DY₂として主制御系114へ出力される。ラッチ回路(LT)204、206はそれぞれカウント値DY₁、DY₂を入力するとともに、主制御系114からのラッチパルスS_{1a}、S_{1b}を受けたときに、そのカウント値DY₁、DY₂を保持し続ける。ここでLT204の出力値はUDC202へのプリセット値として印加され、LT206の出力値はUDC200へのプリセット値として印加される。UDC200、202はそれぞれ主制御系114からのロードパルスS_{1b}、S_{2b}に应答してプリセット値にセットされる。

【0114】先に述べたように、干渉計IFY₂の測定値Le(DY₂)を干渉計IFY₁へプリセットする場合、LT206に対してラッチパルスS_{2a}が出力され、所定時間(μSecオーダー)遅れてUDC200に対してロードパルスS_{1b}が出力される。もちろん、図20の回路の場合は、逆のプリセットも可能であり、干渉計IFY₁の測定値Lf(DY₁)を干渉計IFY₂へプリセットすることもできる。尚、干渉計を使った座標計測は相対的なものであるため、干渉計IFY₁、IFY₂のプリセットの代わりに、UDC200、202を同時に零リセット、又は同時に測定値Le、Lfと無関係な一定値にリセットしてもよい。

【0115】ところで、以上に例示したベースライン計測の動作は、図14、図15に示したように、精密なレチクルアライメントが終了した後に行なわれているが、レチクルをラフにアライメントした段階でベースライン計測を行なうようにしてもよい。例えば、図14中のステップ504、又は506によって、レチクルマークRM₁、RM₂がTTRアライメント系1A、1Bによって検出可能な位置にくるまで、SRA方式、又はIFS方式でレチクルをラフにアライメントする。その後、図14中のステップ508と図15中のステップ522とを同時に実行して、基準マークFM2AとレチクルマークRM₁との位置ずれ量(ΔXR₁、ΔYR₁)、基準マークFM2BとレチクルマークRM₂との位置ずれ量(ΔXR₂、ΔYR₂)、及び基準マークFM1とオフ・アクシス・アライメント系の指標マークとの位置ずれ量(ΔXF、ΔYF)を求める。

【0116】このとき、基準板FPは干渉計モード、又はLIAモードでサーボロックされるが、ウェハステージWSTの微動を考慮して、TTRアライメント系オフ・アクシス・アライメントの夫々による位置ずれ量検出は何回か繰り返し実行し、その平均値を求めるようにする。この平均化によって、ランダムに発生する誤差量は

減少する。こうして、各位置ずれ量が求まると、後は計算によってレチクルRの中心CC(又はマークRM₁、RM₂)の投影点とオフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点との相対位置関係がわかる。さらに、この状態におけるレチクルステージRSTの位置(ラフ・アライメント位置)を、干渉計IRX、IRY、IRθの計測値から読み取って記憶しておく。この読み取りについても、平均化を行なうのが望ましい。

【0117】そして、先に計測した位置ずれ量(ΔXR₁、ΔYR₁)、(ΔXR₂、ΔYR₂)、(ΔXF、ΔYF)と予め設定されている定数値とに基づいて、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心点が基準マークFM1の中心と一致(ΔXF=0、ΔYF=0)したときに生ずるべき、レチクルの中心CCの投影点と基準マークFM2の中心点(マークFM2AとFM2Bとの間の2等分点)との位置ずれ量(X、Y、θ方向)を算出する。その後、この位置ずれ量だけレチクルステージRSTを、記憶しておいたラフ・アライメント位置から干渉計IRX、IRY、IRθを頼りに微動させる。こうしてレチクルRはオフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心に対して精密にアライメントされ、以後、主制御系114は図15のステップ524からのシーケンスを続ける。

【0118】以上の通り、レチクルステージRST(すなわちレチクルR)の位置変化量を比較的長い範囲(例えば±数mm)に渡って高精度に計測できるセンサー(干渉計、又はアライメント系)がある場合は、ラフ・アライメント位置を記憶するとともに、ベースライン計測のための各基準マーク検出の動作を行ない、その後にレチクルRをファイン・アライメントすることができ、図14、15のシーケンスよりもスループットを向上させることができる。

【0119】本発明の実施例では、LIA方式のTTLアライメント系を基準板FPのサーボロック用として使ったが、このLIA方式のTTLアライメント系自体に関しても、レチクルRの中心CCとの間でベースライン管理を行なう必要がある。ウェハW上のマークを検出する際にLIA方式のTTLアライメント系を使うものとする、TTRアライメント系1A、1Bで検出されるレチクルマークRM₁、RM₂と基準マークFM2A、FM2Bの夫々が精密に合致したときに、LIA方式のTTLアライメント系3X、3Yで検出されるマークLIMx、LIMyの夫々の位相誤差Δφx、Δφyを、レチクルRの中心CCに対するベースライン誤差量の相当分として記憶しておけばよい。

【0120】次に、本実施例の変形例について述べる。先の図14、15で述べたシーケンス中のステップ508～512では、TTRアライメント系1A、1Bを使って、レチクルアライメントを完全に達成するようにしたが、その動作はある程度省略することが可能である。

図2にも示したように、本実施例の装置では、レチクルRのX、Y、 θ 方向の位置ずれを干渉計IRX、IRY、IR θ で逐次モニターしているため、ステップ504のIFS方式のサーチ動作によって、レチクルマークRM₁、RM₂の夫々の投影点座標をウェハステージ側の干渉計で検出したら、その座標値に基づいて演算によってレチクルRのX、Y、 θ 方向の設計上の配置からのずれ量を求め、そのずれ量が補正されるようにレチクル側の干渉計を頼りにレチクルステージRSTを微動させてもよい。この場合、レチクル側の干渉計IRX、IRY、IR θ の計測分解能が十分に高い(例えば0.005 μ m)とすれば、レチクルRの位置決めは極めて正確に行なわれることになる。

【0121】また本実施例で使用したオフ・アクシス・アライメント系OWAは、ウェハステージWSTが静止した状態でマーク検出を行なう静止型アライメント方式であったが、LSA方式のTTLアライメント系、又はIFS方式のように、ウェハステージWSTが移動することでマーク検出を行なう走査型アライメント方式にしても同様の効果が得られる。例えばオフ・アクシス・アライメント系OWAを、レーザビームのスポットをスリット状にしてウェハWへ投射し、ウェハ上のマークをステージWSTの走査によって検出する方式にした場合、基準板FP上の基準マークFM1がそのビームスポットを横切るようにウェハステージWSTを移動させたとき、同時に発光マークIFSがレチクルマークRM₁、又はRM₂を走査するように、基準板FP上の各マークの配置を定めればよい。

【0122】さらにオフ・アクシス・アライメント系OWAにLIA方式を組み込み、基準板FP上の基準マークFM1をマークLIM_x、LIM_yと同じ回折格子にしておくと、オフ・アクシス・アライメント系OWAによって検出される基準マークFM1が、オフ・アクシス・アライメント系内のLIA用の基準格子に対して常にアライメントされるように、位相差計測回路の検出結果に基づいてウェハステージWSTをサーボロックすることができる。この場合は、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心を基準マークFM1の中心に精密に合致させた状態で、TTRアライメント系1A、1Bによって基準マークFM2A、FM2BとレチクルマークRM₁、RM₂との各位置ずれ量を求めるだけで、ベースライン量を算出することができる。

【0123】また、TTLアライメント系として、CCDカメラ4を用いてウェハ上、又は基準板FP上のマーク像と、TTLアライメント系の光路内に設けた指標マークの像との両方を撮像し、その位置ずれ量を検出することで、マークの位置検出を行なう方式を使用してもよい。この方式の場合は、TTLアライメント系の光路中の指標マークの中心点(検出中心点)のウェハ側への投影点と、レチクルマークRM₁、RM₂の中心(又はレ

チクルの中心CC)の投影点との間でベースライン量を管理すればよい。

【0124】ところで、本実施例に示したIFS方式は、専らステージスキャン、すなわち走査型アライメント方式として説明したが、静止型アライメント方式にすることもできる。そのためには、基準板FP上の発光マークIFSをスリット状から矩形状の発光面に変更し、図6に示したレチクルマークのダブルスリットRM₁y(又はRM₁x)の直下にダブルスリットの幅よりも十分大きな矩形状の発光面を位置決めし、レチクルRの上方からTTRアライメント系等を使ってマークRM₁y(又はRM₁x)の部分でCCDカメラ等で撮像するようにすれば、図16(B)で示した波形は同等の波形をもつ画像信号を得ることができる。この際、指標となるマークがTTRアライメント系内にない場合は、CCDカメラの特定の画素位置を基準としてダブルスリットマークRM₁y(又はRM₁x)のずれ量を求めることもできる。またこの方式では、レチクルマークRM₁(又はRM₂)の中心の投影点は、そのずれ量と、矩形状の発光面を位置決めしたときのウェハステージWSTの座標値とに基づいて算出される。尚、図21に示すように、矩形状の発光面PIFの一部に、ダブルスリットマークRM₁y(RM₁x)とのずれ量を計測するための遮光性のスリットパターンSSPを設けておき、TTRアライメント系のCCDカメラによって発光面PIFを撮像し、ダブルスリットマークRM₁yによる暗線とスリットパターンSSPによる暗線との位置ずれ量を求めてもよい。

【0125】図22は、ウェハステージWST上の基準板FPの配置とオフ・アクシス・アライメント系の配置との変形例を示し、オフ・アクシス・アライメント系の対物レンズ4Bの位置が同図中の紙面内で投影レンズPLの下にきている。この位置は装置本体の正面側であり、ウェハのローディング方向にあたる。図22中の符号のうち、ウェハステージWSTの位置測定の干渉計IFY、IFX₁、IFX₂をのぞいて、他は図3のものと同じである。図22の場合、投影レンズPLの光軸位置と、オフ・アクシス・アライメント系OWAの検出中心(ほぼ対物レンズ4Bの光軸位置)とを結ぶ線分は、Y軸と平行になるため、Y方向の干渉計IFYは1本とし、X方向の干渉計IFX₁、IFX₂を2本とした。これに合わせて、基準板FP上の各マーク配置を変更し、基準マークFM1と基準マークFM2の各中心点を結ぶ線分をY軸と平行にしてある。

【0126】この図22に示した場合も、オフ・アクシス・アライメント系OWAによってウェハ上のマーク、又は基準マークFM1等を検出するときは、アッベ条件を満足している干渉計IFX₁とIFYを用い、露光時のウェハステージ位置決めには、干渉計IFX₂、IFYを用いる。すなわち、オフ・アクシス・アライメント

10

20

30

40

50

系OWAによってマーク検出を行なったときに干渉計IFX₁で計測されるX方向の位置座標値は、干渉計IFX₂で計測される位置座標値と対応付けられる。この対応付けは、図19で説明したように、干渉計IFY₁、IFY₂間での相互プリセットと全く同様にして行なわれる。

【0127】以上の実施例で説明した露光装置は、レチクルR上のパターン領域PAの投影像を、ステップ・アンド・リピート方式でウェハW上に露光するステッパーであったが、本発明はレチクルとウェハとを投影光学系の光軸と垂直な方向に同時に走査するステップ・スキャン方式の露光装置においても同様に適用できる。またSOR等のX線源を用いたX線ライナー、X線ステッパー等にも同様の位置合わせシステムを適用することができる。

【0128】

【発明の効果】以上、本発明によれば、基板ステージの各種精度に左右されずにベースライン計測が行なわれるので、ベースライン計測の精度向上が期待できる。また、レチクル（マスク）のアライメントとベースライン計測とをほぼ同時に実行できること、マスクのローテーション誤差（θ方向の誤差）をチェックするためにステージを移動させたり、ベースライン計測のためにステージを移動させたりする必要がないこと等から、トータルの処理速度が向上するといった効果も得られる。

【0129】さらに、本発明によれば、レチクルアライメントとベースライン計測とがほぼ同時に可能であることから、ウェハ交換毎にベースライン計測を行なうシーケンスを組んだとしても、スループットを悪化させることはなく、ベースラインの長期ドリフトや、レチクルへの露光光の照射によるレチクルホルダーの位置ドリフト等を高速に確認して補正することができる。

【0130】また実施例によれば、TTLアライメント系、又はTTRアライメント系（第2マーク検出手段）を使って基準板の位置をサーボロックした状態で、基準板上のマークをオフ・アクシス・アライメント系（第1マーク検出手段）で検出してベースライン計測するため、従来のように基板ステージの位置計測用の干渉計を使うことがなく、干渉計の光路の空気ゆらぎ（屈折率ゆらぎ）による影響で生ずる計測誤差が低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の投影露光装置におけるベースライン計測の様子を示す図

【図2】本発明の実施例による投影露光装置の構成を示す斜視図

【図3】ウェハステージ上の基準マーク板の配置を示す平面図

【図4】基準マーク板上の各種マークの配置を示す平面図

【図5】投影レンズのイメージフィールド、レチクルパターン、及び基準マークの配置関係を示す平面図

【図6】レチクルアライメントマークの形状の一例を示す図

【図7】TTRアライメント系の構成を示す図

【図8】TTLアライメント系の構成を示す図

【図9】オフ・アクシス・アライメント系の指標板のパターン配置を示す図

【図10】オフ・アクシス・アライメント系の構成を示す図

【図11】基準マーク板上の基準マークFM1を拡大して示す図

【図12】基準マーク板上の基準マークFM2、LIM、LSMを拡大して示す図

【図13】基準マーク板のウェハステージへの取り誤差と、その測定法を説明する図

【図14】本装置の代表的なシーケンスを説明する図

【図15】本装置の代表的なシーケンスを説明する図

【図16】LSA系、ISS系によって検出される光電信号の波形の一例を示す図

【図17】ベースライン管理に必要な定数値と実測値とをまとめた図

【図18】ウェハ上のショット配列とウェハマークとの配置を示す平面図

【図19】2つのY方向用の干渉計の相互プリセットの原理を説明する図

【図20】干渉計のプリセットを行なうための一例を示す回路ブロック図

【図21】基準マーク板上の発光マークの他のパターン例を示す図

【図22】オフ・アクシス・アライメント系の他の配置を示す平面図

【主要部分の符号の説明】

R レチクル

W ウェハ

PL 投影レンズ

RST レチクルステージ

WST ウェハステージ

1A、1B TTRアライメント系

2X、3X X方向用TTLアライメント系

2Y、3Y Y方向用TTLアライメント系

OWA オフ・アクシス・アライメント系

FP 基準板

FM1 オフ・アクシス・アライメント系用の基準マーク

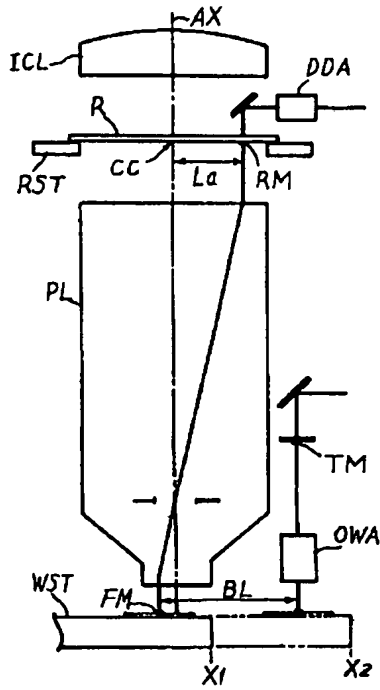
FM2 TTRアライメント系用の基準マーク

IFX、IFY ウェハステージ用のレーザ干渉計

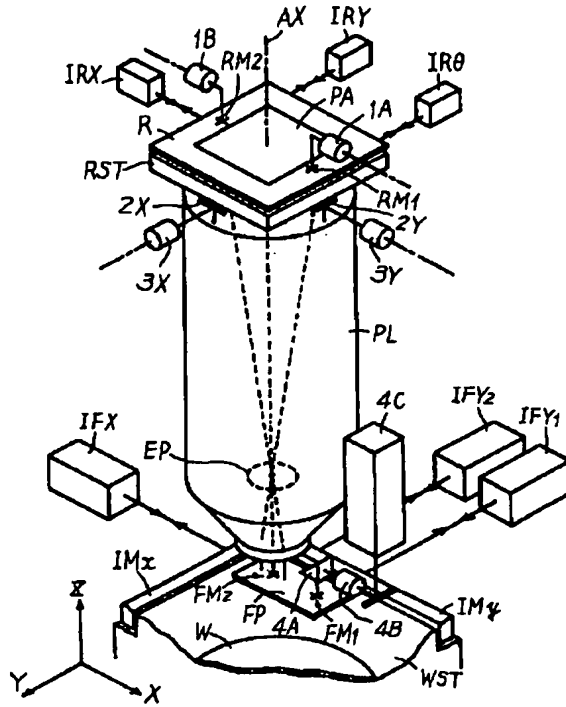
RM₁、RM₂ レチクルマーク

200、202 アップダウンカウンタ

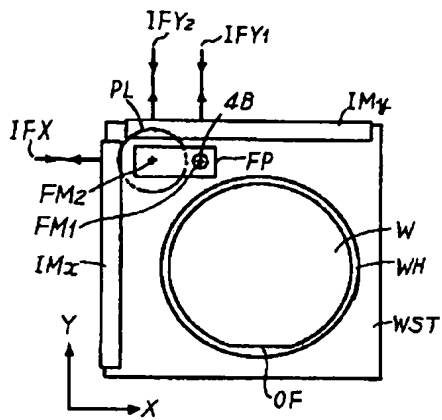
【図1】



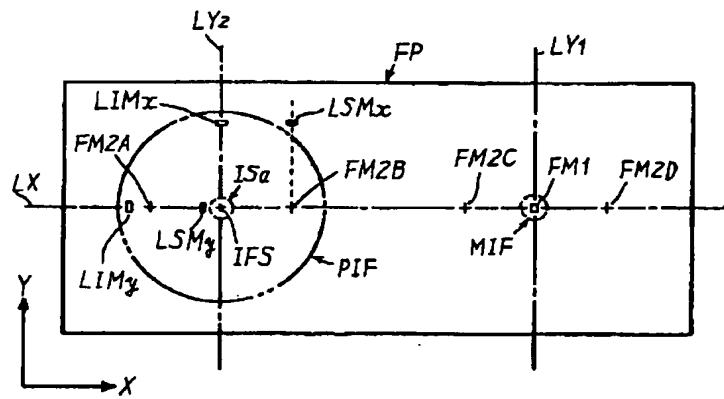
【図2】



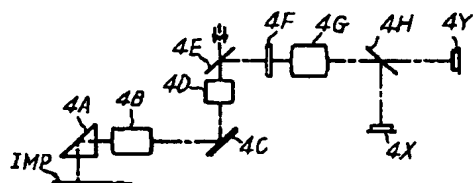
【図3】



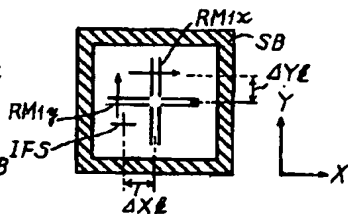
【図4】



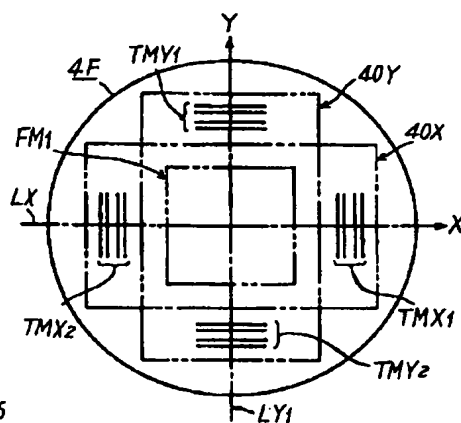
【図10】



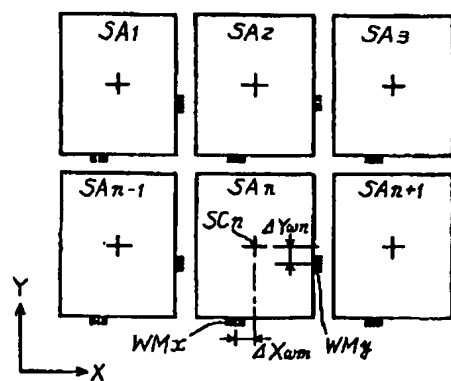
【图6】



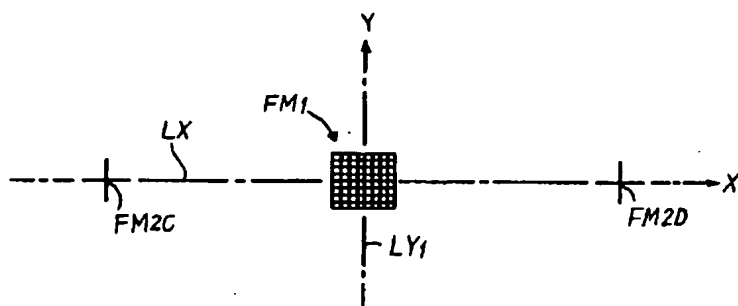
【图9】



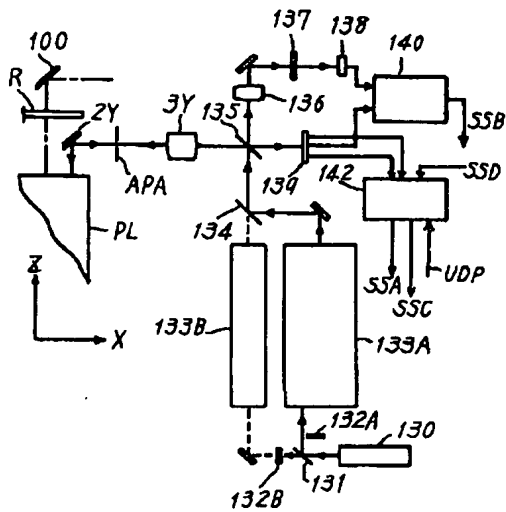
【图 18】



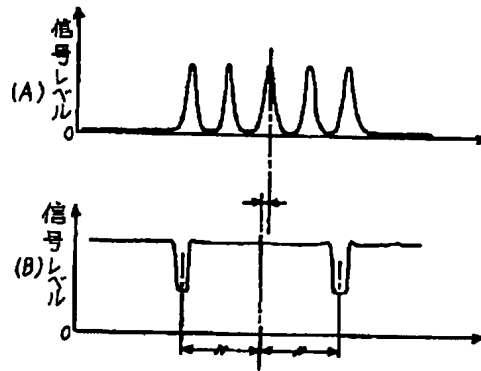
【图 1-1】



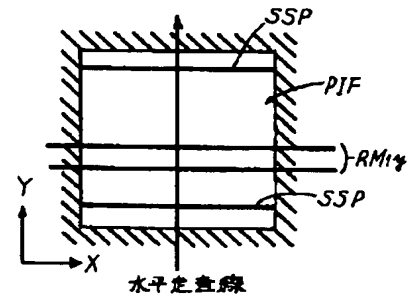
【図8】



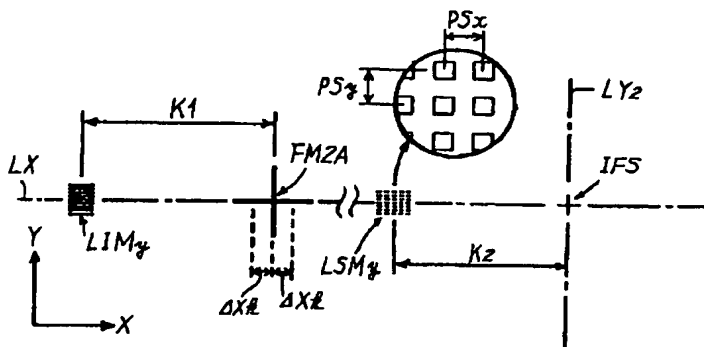
【図16】



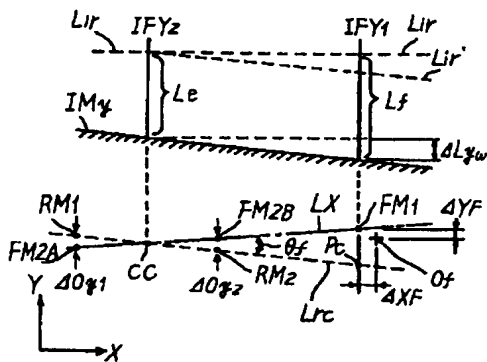
【図21】



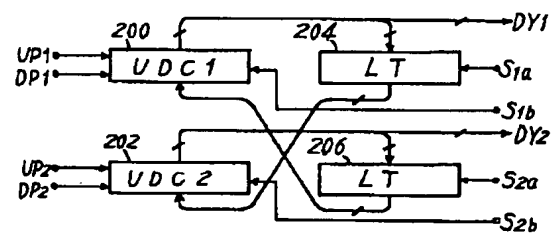
【図12】



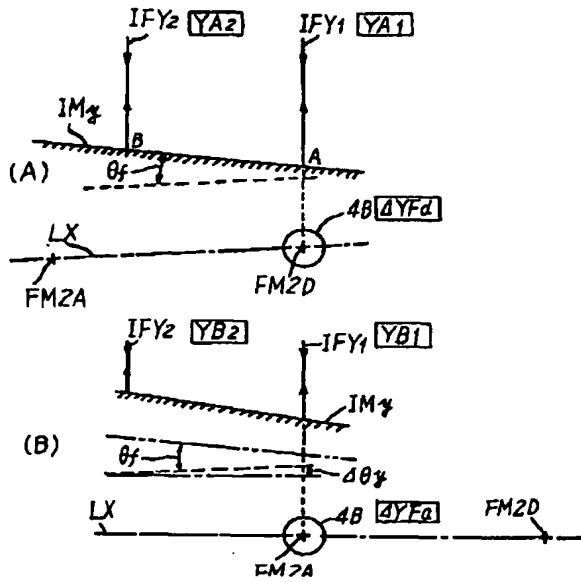
【図19】



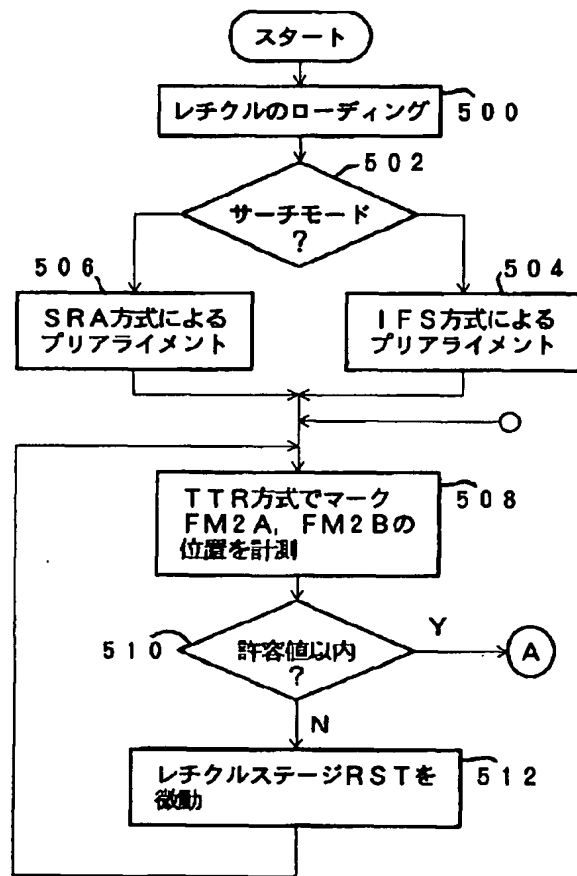
【図20】



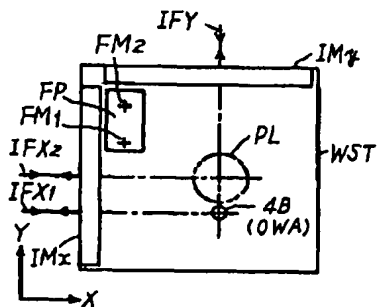
【図13】



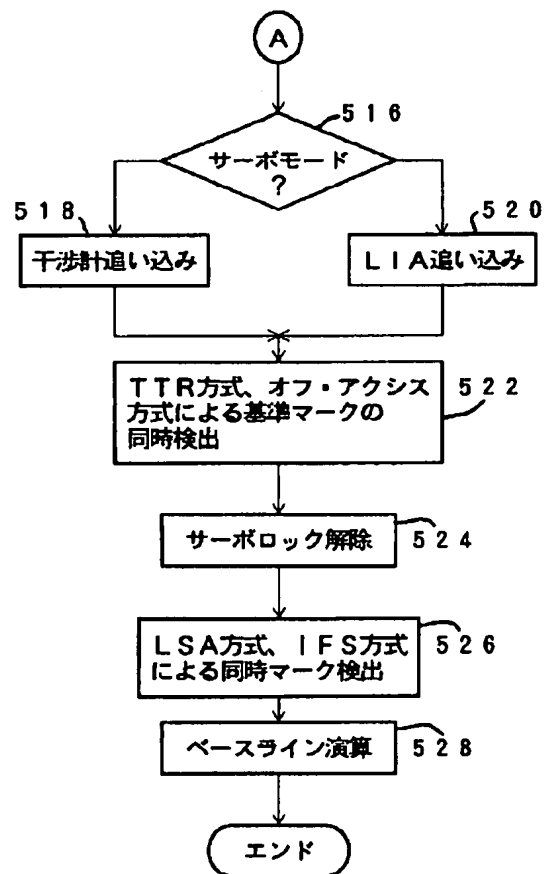
【図14】



【図22】



【図15】



【図17】

実測値		定数値	
TTR-A	X: $\Delta X R_1$	$FM_1 \leftrightarrow FM2A$	X: $\Delta X f a$
	Y: $\Delta Y R_1$		Y: $\Delta Y f a$
TTR-B	X: $\Delta X R_2$	$FM_1 \leftrightarrow FM2B$	X: $\Delta X f b$
	Y: $\Delta Y R_2$		Y: $\Delta Y f b$
LSA	X: XL_s		
	Y: YL_s		
OWA	X: ΔXF		
	Y: ΔYF		
IFS	X: $\Delta X I f$		
	Y: $\Delta Y I f$		